

*Universidad Central "Marta Abreu" de las
Villas*



*Facultad de Construcciones
Departamento de Ingeniería Civil*

Trabajo de Diploma.

*Evaluación del Comportamiento de la Teja de
Microconcreto en el norte de Villa Clara.*

Diplomantes: Dobranyi Consuegra Espinosa

Denis Santana Medina

Tutor: Dr. Ing. Raúl González López

Curso: 2007-2008

“Inteligencia mas carácter, el objetivo de una verdadera educación”.

Dr. Martin Luther King. Jr.



A mi madre por brindarme día a día su ternura y amor.

A mi padre por ser referencia de todas mis acciones y por ser un ejemplo a seguir en mi andar por la vida.

A mi hermano por enseñarme siempre algo Nuevo en la vida.

A mi tía y mi abuela que desde el cielo me iluminan el camino a seguir.

Al resto de mi familia, la que está cerca de mí y la que se encuentra lejos, por apoyar y respaldar siempre mis acciones.

Dobranyi.

A mi madre por brindarme todo su apoyo incondicional y fuerza para cumplimentar mis sueños.

A mi padre por ser guía indiscutible y estar siempre presente en los momentos difíciles de mi vida.

A mis abuelos por darme mucho amor y cariño todo este tiempo.

Al resto de la familia, que me hace diferenciar las cosas malas de las buenas y siempre están a mi lado.

Denis.



A mis padres por brindarme su amor incondicional, por ayudarme en todo momento y por darme fuerza y aliento para cumplimentar este sueño.

A mi hermano por haberme servido de ejemplo y guía en el transcurso de los años y por brindarme su ayuda en los momentos difíciles.

A toda mi familia por haber guiado mis pasos y haberme ayudado en los momentos que más he necesitado.

A mis amigos por su apoyo, ayuda, por las experiencias compartidas y por sus largas noches de desvelo junto a mí.

A todas esas personas sinceramente les digo:

Gracias.

Dobranyi.

A mis padres por su amor sin condiciones, por las palabras a tiempo y por hacer posible realidad todos mis sueños.

A mi familia que de una forma u otra me han brindado su apoyo moral y han entregado todo de sí.

A Tito que no esta físicamente conmigo, pero desde el cielo me está guiando por el camino correcto.

A mis amigos por estar conmigo en los momentos difíciles y por brindarme buenos consejos.

Sencillamente les digo:

Gracias

Denis

Al Dtor. Ing. Raúl González López por su guía, apoyo y sabios consejos.

A los profesores, por ser ejemplos de profesionales, por confiarnos su talento.

A todas las personas que nos brindaron su ayuda y apoyo para la realización de este trabajo. A todos les decimos:

Gracias.

Dobranyi y Denis.



El trabajo que se presenta estudia el comportamiento de la fabricación y empleo de la Teja de Microconcreto, enmarcado en viviendas unifamiliares construidas en Sagua la Grande y Quemado de Güines, municipios del norte de la provincia Villa Clara, con el objeto de contribuir al conocimiento de la aplicación actual de este material y su contribución a la solución viable de la problemática local de la cubierta.

Se realiza la evaluación del proceso de fabricación y control de calidad de la TMC en los Talleres de Eco materiales, junto al análisis elemental del nivel de aceptación de la teja utilizada en la población y en directivos y técnicos de las Direcciones Municipales de la Vivienda, a lo que se incluye los intereses del constructor-UMIV en la implementación de este material a nivel local en los municipios relacionados.

A partir del estudio bibliográfico se definen los principales aspectos limitantes y requerimientos de las materias primas, procedimientos y ensayos requeridos en la fabricación y empleo de la Teja de Microconcreto en talleres, para lo cual se proponen medidas tendientes a estabilizar los volúmenes y calidades a escala local de este material, linealmente vinculado a la ejecución y comportamiento de la cubierta en los municipios referidos.

Por último se esboza el efecto negativo generado en el país por la no instrumentación de políticas correctas en la fabricación y gestión de este noble material, a diferencia de lo que se logra en su diseminación en Centroamérica, lo cual lo propicia un insuficiente conocimiento y poco respeto por los Ecomateriales desarrollados y comprobados por el CIDEM-EcoSur, capaces de solventar las más rigurosas exigencias en cuanto a resistencia y durabilidad en materia de la vivienda social.



The work is presented studying the behavior of the manufacture and use of Microconcrete tiles, framed in detached houses built in Sagua la Grande and Quemado de Güines, municipalities in the northern province of Villa Clara, with the aim of contributing to the knowledge of the current application of this material and its contribution to the solution of the problems local cover.

We carried out the assessment of the manufacturing process and quality control of the TMC in the Workshops Ecomaterials, together with the elemental analysis of the level of acceptance of the tile used in population and in managerial and technical directorates Municipal Housing what is included in the interests of the builder-UMIV in implementing these materials locally in the municipalities involved.

Based on the study literature defines the main aspects limitations and requirements of raw materials, procedures and tests required in the manufacture and use of Microconcrete tiles of workshops, which proposes measures to stabilize the volumes and quality at local this material, linearly linked to performance and behavior of the deck in the municipalities concerned.

Finally outlines the negative impact generated in the country by not implementing sound policies in the manufacture and management of this noble material, contrary to what is achieved in its spread in Central America, which it advocates a little knowledge and insufficient respect for Ecomaterials developed and tested by CIDEM-ECOSUR, to overcome the more stringent demands in terms of strength and durability in the field of social housing.



| | Páginas |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Introducción. | |
| 0.1. Antecedentes y fundamentación del trabajo. | 1 |
| 0.1.1. Problemática de la vivienda en el mundo. | 1 |
| 0.1.2. Problemática de la vivienda en Cuba. | 2 |
| 0.1.3. Fundamentación del trabajo. | 3 |
| 0.2. Fundamentación metodológica. | 3 |
| 0.3. Metodología de la investigación. | 3 |
| 0.4. Estructura de la tesis. | 5 |
| Capítulo 1. Estudio del arte de la tecnología y diseminación de la Teja de Microconcreto en Latinoamérica y Cuba. | |
| 1.1. Situación de la vivienda en el mundo. Problemáticas de la solución de cubierta. | 6 |
| 1.2. La solución de cubierta en Latinoamérica. Experiencias del empleo de la cubierta de Teja de Microconcreto. | 7 |
| 1.3. Situación actual del techo de la vivienda en Cuba. Problemáticas de la solución de cubierta. | 10 |
| 1.4. Requerimientos tecnológicos de producción de la Teja de Microconcreto. | 14 |
| 1.5. Tecnología de fabricación y montaje de la cubierta ligera de TMC. Principales errores y deficiencia de su implementación en Cuba en materia de la vivienda. | 15 |
| 1.6. Evaluación de la calidad de la TMC. Ensayos de las propiedades físico-mecánicas de las tejas de microconcreto. | 16 |
| 1.7. Posibilidades y Ventajas del empleo de la solución de cubierta de TMC en viviendas unifamiliares. | 23 |
| 1.8. La TMC en la Prevención y Mitigación de desastres del Caribe y Latinoamérica. | 25 |
| 1.9. Análisis comparativo de la TMC con respecto a otras soluciones de cubierta ligera. | 27 |
| 1.10. Conclusiones Parciales. | 30 |
| Capítulo 2. Tecnología de producción de la Tejas de Microconcreto en talleres de los municipios de Sagua la Grande y Quemado de Güines al norte de Villa Clara. | |
| 2.0. Generalidades. | 32 |
| 2.1. Fabricación de la TMC en el taller de Ecomateriales de Sagua y Quemado de Güines. | 32 |
| 2.2. Requerimientos de las materias primas y equipamiento empleado en la fabricación de la TMC. | 37 |
| 2.2.1. Equipamiento empleado en Talleres para la fabricación de la TMC. | 41 |
| 2.3. Análisis de la capacidad instalada en el taller local. Índice de explotación del taller de TMC en los talleres seleccionados. | 41 |
| 2.3.1. Taller de Quemado de Güines. | 41 |
| 2.3.2. Taller de Sagua la Grande. | 42 |
| 2.4. Volúmenes de producción de la TMC en el período 2000-2007. Indicadores de calidad de la TMC. | 43 |
| 2.5. Aceptación de la TMC por la población y entidades de la vivienda en Sagua y Quemado de Güines. | 44 |
| 2.5.1. Isabela de Sagua. | 48 |
| 2.5.2. Quemado de Güines. | 51 |



| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.5.3. Panchito Gómez Toro. | 54 |
| 2.6. Evaluación de los costos y precios de venta a escala local. | 57 |
| 2.7. Conclusiones parciales. | 58 |
| Capítulo 3. Problemáticas del empleo de la cubierta ligera de TMC en la zona norte de Villa Clara. | |
| 3.0. Generalidades. | 59 |
| 3.1. Empleo de la Solución de Cubierta de TMC. Diagnóstico de viviendas con cubierta de TMC en Sagua la Grande y Quemado de Güines. | 59 |
| 3.1.1. Sagua la Grande. | 59 |
| 3.1.2. Isabela de Sagua. | 61 |
| 3.1.3. Quemado de Güines. | 62 |
| 3.1.4. Panchito Gómez Toro. | 63 |
| 3.2. Características y comportamiento de la Tejas de Microconcreto en la cubierta. Estado técnico en las viviendas unifamiliares en los municipios estudiados. | 64 |
| 3.2.1. Características generales de la TMC. | 64 |
| 3.2.2. Características técnicas de la TMC. | 65 |
| 3.2.3. Comportamiento de la TMC en la cubierta. | 66 |
| 3.2.4. Estado técnico de la TMC en las viviendas unifamiliares de los municipios estudiados. | 66 |
| 3.3. Interés y Grado de satisfacción del constructor-UMIV en su implementación a escala territorial. | 68 |
| 3.4. Evaluación de los costos de la cubierta de TMC. (Estructura soportante y Fabricación a escala local) | 73 |
| 3.5. Conclusiones parciales. | 75 |
| Capítulo 4. Comportamiento de la Teja de Microconcreto en el norte de Villa Clara. | |
| 4.0. Generalidades. | 76 |
| 4.1. Evaluación del equipamiento y mano de obra calificada para la producción de TMC en Sagua la Grande y Quemado de Güines. | 76 |
| 4.1.1. Taller de Ecomateriales de Sagua la Grande. | 76 |
| 4.1.2. Taller de Ecomateriales de Quemado de Güines. | 78 |
| 4.2. Ensayos físico-mecánicos a las tejas producidas en Sagua la Grande y Quemado de Güines. | 79 |
| 4.2.1. Taller de Ecomateriales de Sagua la Grande. | 79 |
| 4.2.2. Taller de Ecomateriales de Quemado de Güines. | 83 |
| 4.2.3. Taller de Ecomateriales de Sagua. Ensayo de Flexión. | 85 |
| 4.2.4. Taller de Quemado de Güines. Ensayo de Flexión. | 87 |
| 4.3. Evaluación de la arena lavada para la producción de TMC. | 88 |
| 4.4. Análisis de los costos de la cubierta de TMC en comparación a otras soluciones implementadas en la fabricación y reparación de cubiertas en viviendas de los municipios evaluados. | 88 |
| 4.5. Conclusiones parciales. | 90 |
| Conclusiones Generales. | 91 |
| Recomendaciones. | 92 |
| Bibliografía | 93 |



0.1. Antecedentes y fundamentación del trabajo.

El CIDEM ha trabajado en los últimos años en la materialización de un programa de investigación-producción que logre a su vez la diseminación de los Ecomateriales en todo el país en coordinación con la Red Ecosur, y varios donantes de proyectos internacionales, lo que ha propiciado la construcción de nuevas viviendas, muchas de las cuales han servido para atenuar las afectaciones causadas por los huracanes en la región central y occidental.

Los problemas de la producción a escala macro y centralizada de los materiales de construcción en Cuba, así como la escasez de materias primas, luego del desmantelamiento de la gran industria a inicios de los 90, además de los problemas al medio que acarrea, generó un amplio horizonte para estudiar la construcción de la cubierta ligera desde hace una década, tomando como finalidad el logro de un techo resistente, durable y funcional mediante el empleo de la teja de microconcreto, material que es capaz de emplear la fabricación local como con un limitado empleo de calificación de la mano de obra y de la energía, contribuyendo a limitar la afectación del entorno

0.1.1. Problemática de la vivienda en el mundo.

Según el Informe Mundial sobre los Asentamientos Humanos, de marzo de 1996 por el Centro de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos unos 500 millones de habitantes urbanos carecen de hogar o están alojados en condiciones precarias,

Uno de los problemas mundiales más apremiantes, a los cuales se enfrenta la humanidad en el presente siglo, desde el punto de vista ambiental, económico y social, se producirá en las ciudades. No obstante las zonas urbanas disponen de recursos para resolver los problemas de alojamiento – al contribuir el producto nacional bruto de las ciudades del 50 al 80% a nivel de la mayor parte de los países en desarrollo – a pesar de sus esfuerzos verse entorpecidos por el despilfarro y una gestión deficiente de los recursos urbanos".



El problema se agrava debido a que el alojamiento no responde al nivel de crecimiento de una población urbana en explosión, que será de 5.000 millones en el 2025.

0.1.2. Problemática de la vivienda en Cuba.

A partir de 1990 se duplicó el fondo de viviendas y la población creció en un 61 %. La vivienda rural mala bajó del 75 % al 22 %. La política nacional de inversiones se orientó a promover el desarrollo de los pueblos urbanos, ciudades pequeñas y medianas y contener o paralizar el desarrollo de las grandes ciudades. En las ciudades, los barrios de indigentes, mayormente en áreas marginales que constituían un 10 % de la vivienda urbana en 1959, fueron eliminados en la década del 70, pero luego resurgieron parcialmente en barriadas espontáneas, aunque sin los ínfimos niveles físicos y sin la miseria social de antaño, constituyendo un 4 % de la vivienda.

Entre 1991 y el 2008 se transita por el llamado "período especial", caracterizado por la contracción económica del país. Esto privilegia el empleo de materiales de fácil accesibilidad y bajo consumo energético. Las tipologías de edificios más accesibles resultaron menos adecuadas para las grandes ciudades, pero ello coincidió con las metas del planeamiento nacional de los asentamientos. Surge la llamada "vivienda de bajo consumo", edificada mayormente con recursos locales y medios casi-artesanales como solución de vivienda popular que sustituía la vivienda industrial. En el 2004 el 49 % de la vivienda clasificaba como buena, el 31 % como regular y el 20 % como mala.

En la actualidad los principales problemas que atentan contra el desarrollo de la vivienda en Cuba son los siguientes:

- La elevada frecuencia anual de ciclones
- El déficit de materiales de construcción existente en nuestro país
- Los problemas existentes con la calidad de ejecución de obras.
- El cierre de las plantas de prefabricado con la llegada del período especial



-
-
- El MICOS no puede resolver la necesidad de viviendas y la reparación de las mismas.
 - Poco respeto a la producción en talleres descentralizados de ecomateriales.

0.1.3. Fundamentación del trabajo.

La Teja de Microconcreto surge como solución alternativa para países del tercer mundo. La misma ha ganado en credibilidad a lo largo de los años y Cuba no es ajena a esto. Su implementación, principalmente en la zona norte de Villa Clara, ha disminuido las afectaciones sufridas a causa de fenómenos atmosféricos, en viviendas de esta parte de la isla. Conocer las deficiencias que puedan existir en talleres locales y el comportamiento de la misma en la zona antes referida, así como el criterio de la población respecto a este material pudiera dar una idea de como actuar a la hora de extender esta solución a otras partes de la isla.

0.2. Fundamentación metodológica.

Hipótesis del trabajo.

La Teja de Microconcreto está siendo empleada en la zona norte de Villa Clara con el objetivo de atenuar los costos de las cubiertas de viviendas afectadas por fenómenos atmosféricos que año tras año afectan, en gran medida, esta parte del territorio. Realizar una evaluación del comportamiento de la teja en esta zona y plantear algunas sugerencias para mejorar deficiencias encontradas en dicha evaluación

Objetivo general.

Evaluar el comportamiento de la teja de microconcreto a emplear en cubiertas ligeras en el norte de Villa Clara.

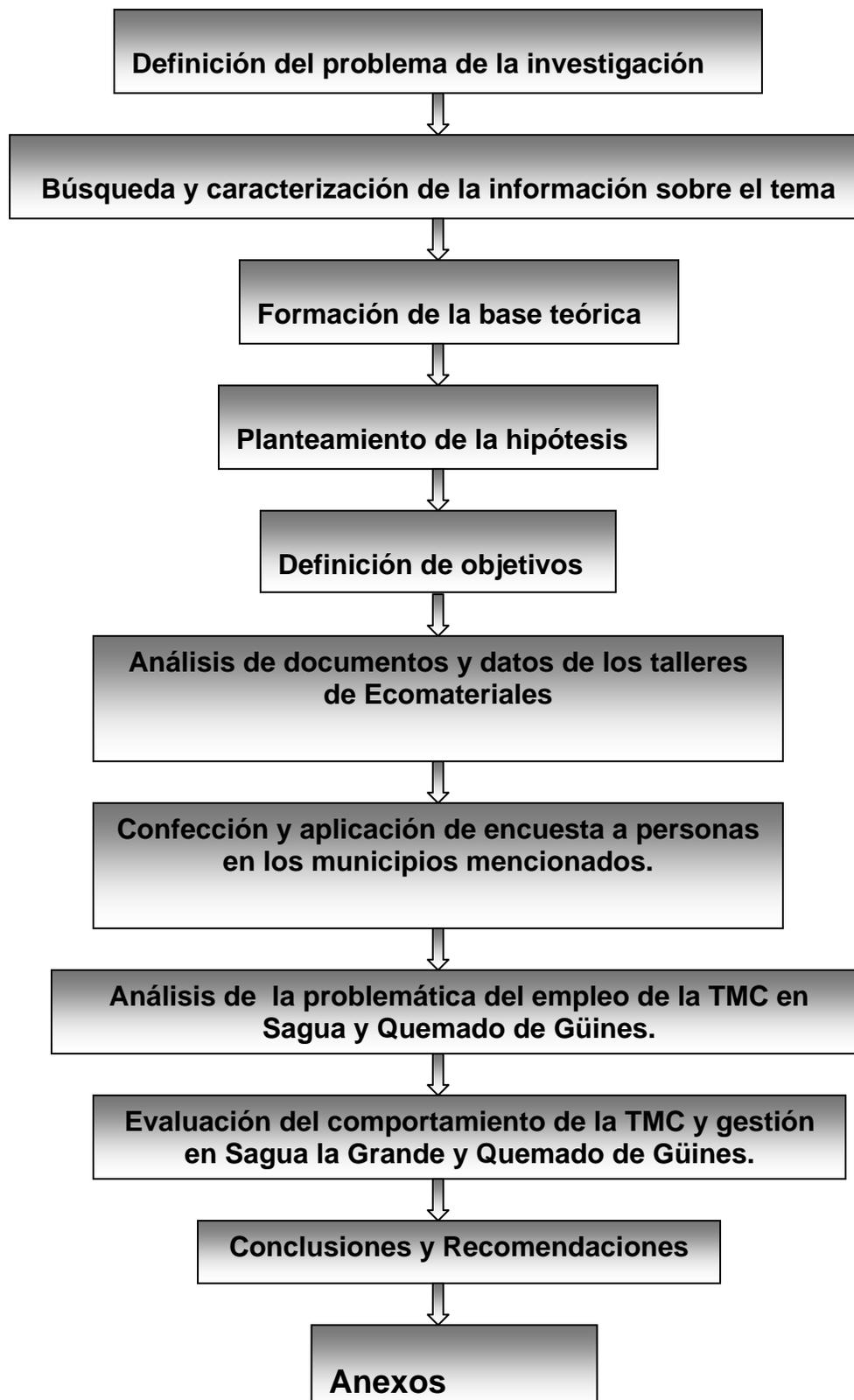
Objetivos específicos.

- ✚ Evaluar el comportamiento de la teja: fabricación, características y propiedades de la TMC en la población estudiada.
- ✚ Evaluar las características físico mecánicas de los lotes de tejas producidas en los talleres de Sagua la Grande y Quemado de Güines.



- ✚ Evaluar el grado de satisfacción de la cubierta de TMC entre la población de los municipios de Sagua la Grande y Quemado de Güines.

0.3. Metodología de la investigación.





0.4. Estructura de la tesis.

Resumen (español e inglés).

0. Introducción.

0.1. Antecedentes y fundamentación del trabajo.

0.2. Fundamentación metodológica.

- ✚ Hipótesis.
- ✚ Objetivo general.
- ✚ Objetivos específicos.
- ✚ Metodología de investigación.

1. Capítulo 1. Estudio del arte de la tecnología y diseminación de la Teja de Microconcreto en Cuba y Latinoamérica.

2. Capítulo 2. Tecnología de producción de la Teja de Microconcreto en la zona norte de Villa Clara. (Sagua la Grande y Quemado de Güines)

3. Capítulo 3. Problemáticas del empleo de la Cubierta ligera de TMC en la zona norte de Villa Clara.

4. Capítulo 4. Comportamiento de la Teja de Microconcreto y gestión en el norte de Villa Clara.

5. Conclusiones y recomendaciones.

6. Referencias y bibliografía.

7. Anexos.

Aporte y campo de aplicación de la tesis.

El principal aporte Teórico de la tesis consiste en conocer el comportamiento de la teja en la zona norte de Villa Clara. Conocer como se comporta el desarrollo de dicho material en esta parte del territorio nacional.

En el campo práctico la presente investigación permite conocer el comportamiento de la TMC en la zona norte de Villa Clara, más específicamente, en los municipios de Quemado de Güines y Sagua la Grande, con el objetivo de poder conocer las posibles deficiencias existentes en su implementación que atenten con su desarrollo a nivel territorial.



1.1. Situación de la vivienda en el mundo. Problemáticas de la solución de cubierta.

La solución del problema de la vivienda adecuada para la población de limitados ingresos, no resulta solamente un reto de carácter técnico. En él influyen, los materiales, el tipo de clima, el entorno y, sobre todo la economía, exigiendo una visión holística que permita satisfacer esta acuciante necesidad. Ante tan compleja problemática, se estimula investigar nuevos materiales, variadas formas, sistemas y trazados urbanos, sistemas de energía y de servicios que puedan ser accesibles a las comunidades de escasos recursos, sin que ello signifique un sacrificio en calidad y el valor arquitectónico.



La vivienda inadecuada e insuficiente forma parte del permanente desastre social de los países mal denominados en vías de desarrollo, donde la gran mayoría de la población tercermundista solo podría tener una casa apropiada si la autoconstruye a partir de materiales locales y diseños convenientes que respondan a sus reales necesidades, idiosincrasia y posibilidades económicas.

La incapacidad económica del sector de bajo ingreso para alcanzar los costos mínimos requeridos para la construcción de viviendas, promueve la búsqueda permanente de nuevas formas de participación, las cuales se han ensayado bajo diversas modalidades Cilento (1997). Básicamente se trata de disminuir la inversión inicial en la vivienda, ya sea optimizando el área construible y la fuerza calificada, o gracias al empleo de un programa de autoconstrucción básica, junto al empleo de los Ecomateriales, unido a la ejecución de la vivienda progresiva.

Al analizar los diferentes tipos de cubiertas más utilizadas y sus problemas de implementación, en la vivienda social, Rhyner (2004) plantea que las cubiertas de materiales orgánicos logran una limitada vida útil, mientras que la teja de barro, exige una considerable energía en su fabricación, que acentúa el daño



ecológico, requiriendo además de estructuras soportantes resistentes y relativamente complejas, incrementando el costo económico y ecológico de dicha solución.

En las últimas décadas la losa de hormigón armado ha adquirido un gran prestigio en la mayoría de los países, no obstante su alto costo de materiales, ejecución y tiempo de ejecución ha limitado seriamente su aplicación en la vivienda popular.

El concepto de la construcción de viviendas sostenible con aprovechamiento y respeto a los recursos naturales no es hoy un tema nuevo, pero aun incipiente a nivel nacional e internacional Naredo(2002), lo cual no debe estar ajeno al déficit habitacional que crece a nivel mundial cada día, haciendo más costosa el acceso a la vivienda. Solo el logro de una solución de cubierta económica, de buena calidad y fácil de producir teniendo en cuenta su primordial rol en la vivienda, garantizaría a la población mayoritaria acceder a una vivienda decorosa.

1.2. La solución de cubierta en Latinoamérica. Experiencias del empleo de la cubierta de Teja de Microconcreto.

A pesar de la notable diferencia entre las tendencias que imperan en la construcción de cubiertas en Latinoamérica y Europa, se puede afirmar que el problema del déficit de la vivienda económica o de interés social es común solo que el tratamiento es abordado mediante repuestas técnicas diferentes.

No obstante se requiere hoy en día identificar las mejores formas constructivas, que tome en cuenta la economía de los materiales, unido a la correcta gestión comunitaria, capaz de identificar los factores que intervienen en su ejecución, como un elemento determinante en la producción de viviendas. Según trabajos de Meléndez et.al(2004), el mayor problema de las viviendas de bajo costo en los países de Latinoamérica, lo constituye la solución del techo, motivado por el elevado precio de los materiales y sus



productos componentes al ser mayormente importados y la fragilidad de las soluciones de limitada calidad constructiva, que atentan contra la durabilidad del mismo.

El aumento cada año del déficit habitacional en la región, junto a la deficiente política empleada en el mantenimiento y reparación de la cubierta, así como la presencia de intensos huracanes en el Caribe, genera una insostenible situación en materia de vivienda. Por lo que la ejecución de plantas piloto de TMC a inicios del noventa se ha generalizado por varios países de América Latina, dando como resultado la existencia de alrededor de varias zonas de mercadeo, similares a otros mercados locales crecientes en la región. El hecho de que hayan surgido y consolidado este mercadeo a solo una década de su introducción, da fe de las bondades de los productos y materiales, así como del espíritu emprendedor de los fabricantes.

La cubierta de tejas de microconcreto empleada durante varios años, en Latinoamérica y en una menor escala en África y Asia, constituye un material eficaz y durable, a la vez que potencia un uso eficiente de la energía incorporada, junto a un carácter arquitectónico atractivo que expresa. Este material gracias a su resistencia con respecto a otros materiales empleados tradicionalmente en cubiertas, como la madera, el barro y la lámina asfáltica, ha incrementado su popularidad debido a su costo, durabilidad y calidad estética.

La TMC se destaca en varios países latinoamericanos como un producto consolidado que se vende en la totalidad de los sectores y mercados. Pozak (2003). Desde un inicio modesto, el programa de diseminación de la TMC (15 plantas piloto en seis países (1990) ha logrado implementar 650 talleres en la última década con más de 3 650 empleos en una docena de países de la región; donde la producción





acumulada solo en Latinoamérica alcanza 12 millones de m², los cuales equivalen a cerca de 200 000 techos.

La Red ECOSur en los 15 años últimos, ha sido capaz de desarrollar una red de productores, consultores, en relación indisoluble con universidades y centros de investigación como el CECAT y CIDEM, que junto al proceso de producción-investigación ha conseguido la diseminación de diferentes materiales de construcción ecológicos y económicamente viables, llegando a ser un vehículo para la difusión, educación, control de calidad e investigación de las tecnologías apropiadas, constituyendo un foro dinámico para el intercambio de tecnologías Sur-Sur sobre el Hábitat, abarcando América Latina, África, y Asia.

Según Meléndez ya a finales del 2001 concentraciones de talleres producían en Ghana.[EcoSur (2003)]¹. Mientras en Kumasi cerca de diez, localizados en un radio de 15 km y distribuidos uniformemente, con una dotación de hasta tres mesas vibradoras y 120-400 moldes, donde trabajaban hasta cinco personas en cada taller facilitando la creación de 40-45 puestos de trabajo en la región.

El taller Odessa Tiles Unlimited desde 1993 en la pasada década produjo más de 30,000 tejas logrando techar 40,000 m² aproximadamente, mientras en Cape Coast ya existían a finales de la pasada década ocho talleres.

Un ejemplo donde la producción-distribución de la teja por Latinoamérica ha logrado resultados loables es, Ecuador, Honduras y Nicaragua donde la TMC, con una estrategia productiva y de mercadeo consecuente se realiza la venta de sus productos, a través de una red de distribuidores. [EcoSur (2003)]²

También en Aruba y Panamá ya producen la TMC, a partir del entrenamiento y la experiencia práctica recibida del personal adiestrado y designado para la construcción y ejecución de talleres que garanticen el producto de calidad. [EcoSur(2005)]. Otro país que ha introducido la Teja de Microconcreto es



Bangladesh, donde el Prof. Nolasco construyó unos 2 500m² de techo industrial (equivalente a 40 viviendas).[Ruiz (2003)].

En Bolivia, un acuerdo de cooperación con el Grupo Sofonías, ofrece crédito, capacitación y seguimiento práctico a productores, al igual que en la República Bolivariana de Venezuela donde se trabaja por cumplir ambiciosos planes de construcciones de viviendas de interés social. Por su parte FENAVIP en Colombia, ha involucrado en varias zonas del país, el empleo de una variada gama de EcoMateriales.[Rhyner, K., (2006)], entre los cuales se encuentra la TMC.

EcoSur confirma como cientos de talleres de producción de TMC existen y trabajan de forma estable en el mundo, y se prevé un posible incremento de su accionar en Asia y África. La red actualmente mantiene contactos en Guatemala, México, Honduras, Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Colombia, Ecuador, Bolivia, Perú, Chile, Cuba, Dominicana, Namibia, Zimbabwe, Kenya, Zambia, Sudáfrica, Mozambique, Camerún, Vietnam, Indonesia, India, Tayikistán. [EcoSur (2006)]

1.3 Situación actual del techo de la vivienda Cuba. Problemáticas de la solución de cubierta.

Según Martirena(2008) el concepto de Ecomateriales comprende una diversa gama de materiales de construcción, con diferentes orígenes y fines de uso, cuyo común denominador es el aprovechamiento de materias primas locales e incluso residuos que de lo contrario contaminan el ambiente.

Cuba ha logrado buenos resultados en la fabricación de bloques de hormigón huecos, del cemento puzolánico CP-40, las tejas de microconcreto(TMC), ladrillos de adobe no estabilizado y ladrillos cocidos de arcilla de baja energía y uso de combustibles alternativos, contribuyendo a la solución del déficit habitacional existente, que suma mas de 500.000 viviendas, unido al deficiente estado del 15 por ciento del total de las viviendas ubicadas en zonas urbanas y el 38 por ciento en rurales, según el censo realizado en el 2002.



Esta propuesta que promueve y dirige el Centro de Investigación y Desarrollo de las Estructuras y los Materiales (CIDEM), se aplica en veinte municipios del país y sólo en la porción norte de Villa Clara se emplean Ecomateriales en cerca de 3.000 viviendas, del 2000 al 2006. Además se trabaja hoy en varias provincias de la región oriental, previendo para el 2010 materializar en todo el país entre 40 y 50 talleres.

La Red Latinoamericana de la TMC, creada en 1991, logra la diseminación de la tecnología desde sus inicios bajo la coordinación de Sofonías, posibilitando resultados muy alentadores en la reconstrucción de viviendas post Mitch en 1998 en Centroamérica.

No obstante en Cuba, a pesar de la participación decisiva del gobierno en la solución del problema de la vivienda, y el desarrollo técnico-profesional existente en el país para la fabricación de la TMC desde 1992, no se estabiliza la producción y calidad de las tejas desarrolladas desde inicios de la pasada década. El Seminario Latinoamericano de la TMC (1995) y la Conferencia Internacional de Ecomateriales, Habana (1998), concretan la necesidad de una clara implementación de la teja en el país, como una vía de dar respuesta local a la solución del techo en la región central y occidental del país, a lo que se une el grado de deterioro en la vivienda, aquejada en los últimos años por huracanes y tormentas locales.

La celebración de la II Conferencia Internacional de Ecomateriales, Santa Clara (2001) trajo un notable impulso en la aplicación de los Ecomateriales en la ejecución de programas sociales de viviendas, que armonizaran un correcto diseño con la utilización de materiales locales y económicos para el usuario, logrando nítidos resultados en Villa Clara en el pasado lustro.

No obstante la actual escasez de recursos, el compromiso e inmediatez de la respuesta de los organismos tomadores de decisión, el grado de exigencia en el tema vivienda, a lo que se suma una inadecuada gestión en ocasiones de los recursos capaces de lograr soluciones funcionales, seguras y atractivas ha propiciado que aun hoy en día, la fabricación, empleo y aceptación por la



población de los ecomateriales producidos a escala local como la TMC sea aun poco apreciada en su justo papel.

Según Nolazco (2003) la fabricación de Tejas de MicroConcreto (TMC) exige tres requerimientos imprescindibles para producir con una calidad buena y de forma estable.

- ✚ En primer lugar, la máquina vibradora y el molde debe ser exacto, estar limpio y lograr un buen estado de mantenimiento.
- ✚ En segundo lugar, los materiales deben cumplimentar las normas de calidad establecidas.
- ✚ Y el no menos importante papel que juega el "hombre". Aun con buenos equipos y materiales, si el operario no es calificado, la teja no logra la calidad requerida o simplemente no servirá.

No obstante, los pobres trabajos realizados al evaluar técnicamente las soluciones implementadas hoy en Cuba en cubiertas ligeras de TMC manifiesta pobres resultados, a pesar de que la mayor parte de los incumplimientos de los requisitos de calidad están mas asociados a la tecnología de construcción de la cubierta, que material o teja que cubre la misma total.

Estas soluciones según su eficiencia, sus características y posibilidades reales y su aseguramiento material, sin lugar a dudas pueden ser generalizadas en diversas regiones del país, con el objetivo de dar respuesta a la demanda



creciente de cubiertas a solucionar por el programa nacional de viviendas.

La solución con la TMC sobre vigas de hormigón, constituye una solución viable, económica y adecuada atendiendo a su alta durabilidad y garantía, aunque en ello influye de forma categórica la calidad de ejecución y los

trabajos de montaje de los diferentes materiales y elementos de la cubierta.

Figura 1. Foto de la máquina de moldeado y vibrado.

Teniendo en cuenta la frecuente ocurrencia de tormentas y ciclones tropicales en Cuba y en el área de Centroamérica, los cuales afectan cada año cientos de los techos de viviendas, el comportamiento de la TMC en la región ha sido muy positivo, así como el posible empleo de materiales locales y de máquinas sencillas y sistemas de viguetas de hormigón, representa su empleo en dichos países significa una potencial vía de solución.

La calidad, confort y durabilidad de esta solución de cubiertas dependerá de la correcta fabricación de los materiales y elementos que la integran, la forma de colocación, etc., por lo que siempre se requiere de un estricto cumplimiento de las normas y parámetros técnicos.



El microconcreto definido como un “concreto de altas prestaciones” aun sin portar el esqueleto que conforma el árido grueso, admite que la teja de TMC de 6-10 mm se someta a pruebas similares a un concreto común. La mezcla de cemento y arenas bien graduadas empleando la vibración especialmente concebida para este material, así como las condiciones de curado establecidas, constituyen la clave para el logro del nivel de calidad requerido.

Por tanto, una adecuada Teja de Microconcreto es un material perdurable al calor del sol, impermeable, resistente al ataque de agentes atmosféricos o biológicos y de adecuada aceptación desde el punto de vista arquitectónico, llegando a aprobar el empleo de pigmentos minerales capaces de variar el color de la teja, ampliando su calidad estética y buen gusto.



1.4. Requerimientos tecnológicos de producción de la Teja de Microconcreto.

Al fabricar la teja TMC se exige una tecnología relativamente simple, integrada por una máquina principal que comunica la forma adecuada, tamaño y el espesor deseado de la teja, empleando un tiempo de vibración de 30 segundos como máximo para garantizar la adecuada forma, resistencia a flexión, e impermeabilidad. La máquina dispone de un chasis metálico, sobre el cual se ha acoplado la placa vibradora horizontal, que logra mediante un motor de 12 V 8 A, corriente directa (DC) vibrar de forma uniforme y estable.

Cuando existe conexión a la energía eléctrica, se emplea un transformador (AC/DC) de 110-120V (ó 220V) a 12 V, desde la red eléctrica 8 A, mientras cuando ocurren fallas se emplea una batería (12 V). Se requiere al menos unos 200 moldes plásticos por máquina para garantizar la fabricación de la teja y su adecuado fraguado y endurecimiento al ser asentada durante las primeras doce horas sobre una lámina de plástico en el molde.

La implementación adecuada del taller es el primer paso para producir la TMC y lograr un producto de calidad. Debe cuidar el lugar de colocación de la máquina principal, que facilite el moldeo de la teja libre de la acción directa del sol, la lluvia, viento y el polvo. Una vez fijada la máquina se exige una correcta nivelación, aspecto el cual, al vibrar la mezcla, evita el derrame del mortero por encima del marco y un espesor no uniforme de la teja. Resulta primordial la limpieza constante del marco-placa vibradora, porque de no ajustar el marco metálico correctamente, se escapa el mortero o genera deformaciones producto de los restos de mortero en la placa.

La producción hoy del molde plástico por firmas productoras a escala industrial garantiza estabilidad en su forma, resistencia y la colocación del producto. El empleo correcto de la materia prima y equipamiento establecido, ha permitido mantener elevados niveles de calidad del molde plástico inyectado con polietileno a alta presión.



La calidad de la teja depende en gran medida de la calidad del molde, al requerir de idénticas dimensiones para permitir un perfecto acople entre ellas, logrando así un techo resistente, adecuado, y atractivo. No obstante, en el taller debe tener una serie de cuidados a la hora de utilizar el molde:

- ✚ Debe permanecer el molde limpio de polvo o restos de mezclas.
- ✚ No debe rayar o raspar el molde con objetos metálicos, que dañan la superficie pulida.
- ✚ Debe limpiar integralmente el lote de moldes al menos una vez al mes o antes cuando sea necesario.
- ✚ El molde con la teja siempre se coloca sobre una superficie plana.
- ✚ Evite la acción directa del Sol sobre el molde durante el curado inicial de la teja, puede generar fisuras y deformación de la teja.
- ✚ No estibar moldes más allá de 20 a 25 unidades que no sobrepase los 125 Kg. de peso.

1.5. Tecnología de fabricación y montaje de la cubierta ligera de TMC. Principales errores y deficiencia de su implementación en Cuba en materia de la vivienda.

La tecnología de la TMC en Cuba no ha logrado establecerse como una solución viable y definitiva para la solución del techo, a diferencia de lo que ocurre en toda el área centroamericana, al alcanzar resultados limitados en comparación con los países del área como Nicaragua, México, Honduras, Guatemala y Ecuador entre otros.

No obstante, la existencia del taller con la infraestructura necesaria para fabricar diferentes materiales y productos, unido a la existencia de la mano de obra calificada, no justifica en modo alguno la aun limitada y deficiente producción de materiales de construcción locales y económicamente loables en algunos municipios del país.

A lo largo de la pasada década relacionado con la TMC, en el país organismos como el MINAZ entre otros, fomentó políticas voluntaristas no



correctas, que lejos de garantizar un adecuado producto, generaron graves deficiencias en este material, alguna de las cuales se enumeran a continuación, que lastran de sobremanera el prestigio de la TMC, esto aun hoy repercuten de forma negativa a la hora de seleccionar la TMC como una posible solución decorosa de cubierta, a pesar de sus comprobadas propiedades físico- mecánicas.

- ✚ Uso de arena no adecuada con un alto % de material arcilloso.
- ✚ No empleo del Cemento Pórtland P-350.
- ✚ Elevada relación agua: cemento.
- ✚ Deficiente limpieza de la lámina de interfase.
- ✚ Tiempo de vibrado superior a 30 segundos.

La arena para fabricar la teja puede ser artificial o lavada, siempre que cumpla con la calidad requerida, atendiendo a su granulometría, composición y libre de materias no deseadas. Por otra parte el cemento será P-350 preferiblemente sin adiciones para garantizar una adecuada resistencia a flexión de la teja en las primeras edades. La solución de cubierta debe tener una pendiente mayor de 22°, para garantizar una eficiente y rápida evacuación de las aguas pluviales y el confort térmico adecuado de la habitación.

En ocasiones el mortero de un lote de tejas, producto de la no observancia del tiempo de fraguado del cemento, se le adiciona agua, esto logra una demasía del agua atentando contra la resistencia y calidad de la teja. Un exceso de vibrado provoca la segregación de los constituyentes del mortero y una deficiente colocación, así como la falta de homogeneidad del mortero y la presencia de una exudación excesiva.

1.6. Evaluación de la calidad de la TMC. Ensayos de las propiedades físico-mecánicas de las tejas de Micro-Concreto.

Para la promoción de la TMC se requiere un producto de alta y estable calidad. Esto no sólo es necesario para ganar y mantener la reputación del producto, sino también porque el sector de bajos ingresos no está en



condiciones de afrontar pérdidas en las limitadas inversiones que realiza. Por lo tanto, en el proceso de producción de TMC es importante contar con un sistema de Control de Calidad y Aseguramiento permanente, así como de una transferencia adecuada de tecnologías y una amplia difusión de los conocimientos prácticos. [Hans et. al. (2002)]

Para que el producto sea factible y posea la calidad exigida por el cliente, antes de ser vendidas, debe haber realizado el productor un control de calidad final sobre el producto terminado. Algunos ensayos se realizan a cada teja y otros a una muestra aleatoria del lote de producción. Los principales ensayos a realizar son: [Hans et. al. (2002)]

- ❖ Resistencia a Flexión.
- ❖ Resistencia al Impacto.
- ❖ Permeabilidad.
- ❖ Dimensión y Forma.
- ❖ Porosidad y Fisuración.
- ❖ Peso.

Ensayo de Flexión.

Es el ensayo que debe realizarse en la fábrica o taller, por el personal técnico para determinar la resistencia mecánica mínima de la teja antes de proceder a la venta del lote, además que permite al productor conocer y realizar ajustes acerca de las dosificaciones implementadas. Debe ensayarse el 1% del lote de tejas fabricadas en el día, apoyando sobre dos tabloncillos separados a una distancia de 350 mm, colocando en el centro de los soportes una tabla de 50 mm de ancho sobre la que se aplica el peso.



Normalmente el ensayo se realiza con la teja secada al ambiente, no obstante el ensayo garantiza una mayor precisión cuando utiliza las tejas húmedas, previamente sumergidas en agua durante 24



horas. En este caso el peso requerido que se aplica a la teja debe disminuirse en un 15%.

Cuando existe un cambio en la materia prima que se suministra al taller se debe realizar un ensayo adicional a las 24 horas.

La teja seca luego del curado y almacenada bajo techo a temperatura ambiente y ensayada a los 28 días no debe romper con los pesos siguientes:

- Teja de 8 mm de espesor: 50 Kg.
- Teja de 10 mm de espesor: 80 Kg.

Mientras que las tejas ensayadas a las 24 horas de fabricada, no debe romperse con los pesos siguientes:

- Teja de 8 mm de espesor: 15 Kg.
- Teja de 10 mm de espesor: 25 Kg.

Si las tejas ensayadas se rompen a una carga menor a la establecida, deberán ensayarse otras dos tejas más del lote y si una de ellas se rompe, el resto de del lote de tejas debe mantenerse en un local cubierto durante 14 días y repetir el ensayo empleando 3 tejas. De romperse estas, debe realizarse investigaciones suplementarias, limitando incluso la venta de tejas producidas ese día.

Si se producen roturas en las tejas ensayadas a las 24 horas se debe revisar la materia prima y/o ajustar la dosificación antes de continuar la producción.

Ensayo de Impacto.

La resistencia al impacto evalúa la calidad del mortero utilizado, así como el proceso de fabricación de las tejas, al ensayar una teja del lote o producción diaria. El técnico de laboratorio coloca la teja sobre dos listones separados a una distancia de 350 mm. Se deja caer una bola de metal de 220 gramos de peso en el centro de la misma, desde una altura de 300 mm, para la teja de 8 mm y de 400 mm para las tejas de 10 mm de espesor. En este ensayo se utiliza el dispositivo desarrollado por el CECAT.





Las tejas deben resistir el impacto de la caída de las bolas, sin romperse. Si la teja rompe, se prueban 10 tejas más. Si de éstas, se rompen más de 5, se desecha el lote de tejas y se realiza una revisión completa del proceso de producción.

Ensayo de Permeabilidad.

Las tejas debido a su falta de homogeneidad pueden ser excesivamente porosas y gotear en el caso de lluvias excesivas o muy prolongadas.

Se debe ensayar el 1% del lote de tejas, colocando dos topes transversales e impermeables de morteros o arcilla en el canal central de la teja, formando un recipiente, se apoya la teja sobre dos soportes colocados en sus extremos y se llena de agua cuidadosamente.



El ensayo debe realizarse en un local con un 70% de humedad relativa como

mínimo, en ambientes cálidos y secos las eventuales filtraciones secan inmediatamente y no pueden ser observadas correctamente.

La impermeabilidad de las tejas se considera aceptable si luego de 24 horas de ensayo no aparecen gotas en la cara inferior de la misma.

Pueden existir signos de humedad, pero el área humedecida en la superficie de la teja no debe ser mayor del 50% del área total de la teja.

Si una o varias de las tejas ensayadas no logra la impermeabilidad requerida, se debe revisar el proceso de producción, especialmente la dosificación de la mezcla (relación agua – cemento) y la operación de curado.

Dimensión y Forma.

Solo las dimensiones y forma correcta de todas las tejas garantizan un adecuado montaje de la cubierta. Las tejas mal colocadas pueden romperse con más facilidad bajo la acción de las cargas y la lluvia junto al viento pueden hacer penetrar el agua.



Las tejas que no tengan el encuadre correcto presentarán un encaje y un solape insuficiente, por lo que debe comprobar las dimensiones, la forma y el perfil de cada teja durante la operación de desmolde, para lo cual se debe utilizar la plantilla especial de control de calidad.

Sostenga el molde por los extremos y coloque la teja sobre la plantilla de control, voltee el molde con la teja sobre los pivotes de la plantilla hasta colocarla boca abajo. Retire el molde. Retire también la lámina de plástico, halándola derecho desde el extremo lateral. Una vez que elimine los restos del mortero sobrante los bordes de la teja, controle cuidadosamente que la teja ajuste en la plantilla exactamente sin bambolearse. El borde de la barra horizontal de la planilla debe verse pero no debe quedar ningún espacio entre esta y el borde de la teja. Si no se dispone de la plantilla, el ensayo puede realizarse con un molde especialmente destinado para este propósito reforzado convenientemente para evitar cualquier tipo de flexión.

Compruebe si existen diferencias entre los espesores de la parte superior **(a)** e inferior **(b)** de la teja. Para un espesor de 8 mm, el rango de valores permisibles estará entre 7.5 y 8.5 mm. Ocasionalmente controle también el espesor en el centro, rompiendo una teja. El producto debe cumplir con los siguientes valores límites de tolerancia:

Longitud ± 10 mm.

Ancho ± 5 mm.

Perfil ± 3 mm.

Espesor ± 0.5 mm.

Cuadratura ± 3 mm.

Una vez ensayadas las tejas deseche las que no cumplan con los requerimientos

especificados. Si el espesor presenta mucha variación, se debe examinar la colocación y tiempo de vibrado de la mezcla y la nivelación de la máquina y calidad del trabajo del obrero.



Ensayo de Porosidad y Fisuración.

Una excesiva cantidad de poros de gran tamaño es una prueba de una insuficiente compactación debido a deficiencia durante el mezclado o vibrado.



Las fisuras no sólo son potenciales puntos de filtraciones, sino también zonas de resistencia reducida. Aún cuando la teja presente una resistencia adecuada, su durabilidad se verá afectada. Para realizar este ensayo se toma la teja y se chequea visualmente la misma verificando la presencia o no de poros o fisuras.

Se debe controlar si la teja tiene poros superficiales de más de 2 mm de profundidad o con diámetro mayor de 5 mm y también si en la superficie de la teja hay más de 6 poros con un diámetro superior a 2 mm. Si la misma presenta huecos se debe desechar automáticamente. Además se debe controlar si las tejas tienen fisuras visibles de más de 5 mm de longitud.

Se deben rechazar las tejas que tengan:

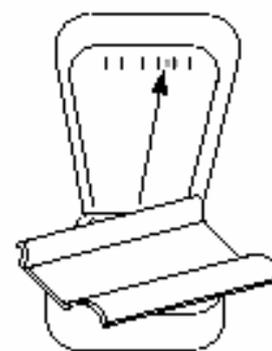
- Poros excesivamente profundos.
- Poros con diámetro superficial a 5 mm.
- Más de 6 poros con diámetro superior a 2 mm.

También se rechazarán las tejas con fisuras visibles de más de 5 mm de longitud, anotando la cantidad de tejas rechazadas, así como las causas de su rechazo.

Ensayo de Peso.

La determinación del peso es una forma sencilla de controlar sus dimensiones, especialmente el espesor. Para realizar el mismo se toma cuatro tejas al azar de la producción semanal, se almacenan secas durante 24 horas y posteriormente se pesan. El peso de las tejas no debe diferir en más del 10% del peso esperado.

Si el peso de la teja difiere en más del 10% del peso esperado (valor promedio de las tejas con espesor nominal), debe revisarse el proceso de moldeo.



Ensayo de Ensamblaje de la teja.[Meléndez et. al (2004)]

Este ensayo debe realizarse por lo menos una vez a la semana. Consiste en tomar cuatro tejas fabricadas en diferentes días y ver como ensamblan una



con otra. De no ensamblar correctamente se tendrá problemas al colocar el techo.

Este ensayo es quizás el más importante desde el punto de vista de satisfacción del cliente, ya que cuando la teja no logre un correcto ensamblaje el techo permitirá que sea permeable a diversos elementos como el viento, agua y el polvo.

Defectos de producción más frecuentes.

Resulta importante detectar los errores que se cometen durante la producción de las tejas y su rectificación para lograr una teja de calidad. A continuación se relacionan los defectos más frecuentes y las posibles causas que lo provocan:

- ✚ Poros y oquedades en la superficie de la teja.
 - Deficiente cantidad de agua en la mezcla.
 - Vibración insuficiente.
 - Incorrecta granulometría.
- ✚ Tejas de bajas resistencias y/o muy porosas.
 - Cemento muy viejo.
 - Poca cantidad de cemento.
 - Exceso de agua de amasado en la mezcla.
 - Excesivo tiempo de vibración.
 - Inadecuado mezclado y colocación del mortero.
 - Curado insuficiente.
- ✚ Espesor variable de la sección transversal de la teja.
 - Insuficiente o excesiva cantidad de mortero.
 - Distribución no uniforme del mortero.
 - Excesiva cantidad de agua en el mortero.
 - Deficiente nivelación de la mesa vibradora.
- ✚ Alabeo en la forma de la teja.
 - La lámina de mortero no paralela al molde.
 - Moldes colocados sobre una superficie no plana.
 - Marcos de madera en inadecuadas condiciones.
- ✚ Grietas en exceso durante el moldeo.



- Mortero con parcialmente fraguado con muy poca agua.
- Granulometría no adecuada.

1.7. Posibilidades y Ventajas del empleo de la solución de cubierta de TMC en viviendas unifamiliares.

A continuación se enumeran algunas de las principales ventajas de la TMC según Arocha et. al. (2000)

1. Las tejas presentan buen comportamiento acústico y térmico, no requieren cocción, ligeras, impermeables, resistentes al fuego, de buena apariencia y duraderas.
2. Solo requieren dos materiales para su producción: el cemento Pórtland y la arena.
3. Se logra un ahorro de materiales y un mayor aprovechamiento de su dinero. Con una bolsa de cemento de 50 Kg. pueden cubrirse entre 6 y 7 m² de techo. En 60m² de techo solo se consume un m³ de arena.
4. Las tejas se pueden soportar en correas de madera u otro material sin requerir un entablado integral de base.
5. La planta es compacta, de fácil instalación y operación, necesita muy poco espacio y de operarios calificados, ni herramientas especializadas.
6. Exige de una planta de producción que no produce ruidos excesivos ni desechos que contaminen el ambiente o dañen al trabajador.
7. La planta exige de un bajo consumo y gran autonomía energética por lo que puede instalarse en la ciudad, o en regiones rurales.
8. Las plantas facilitan el aumento paulatino de la producción sin modificar el equipamiento, sólo se precisa incrementar el número de moldes y máquinas según sea necesario.
9. La inversión inicial es muy limitada y se recupera rápidamente.
10. La tecnología refuerza la cooperación sur-sur entre países en desarrollo en la búsqueda de soluciones eficientes a problemas propios bajo condiciones específicas.



La TMC es un producto competitivo en el mercado de materiales de construcción, de cumplir satisfactoriamente los requisitos genéricos tales como: impermeabilidad, forma adecuada, resistencia a la flexión, etc., establecidos en las principales normas establecidas para tejas de concreto, tales como: ASTM(EU), Británicas, Sudafricanas, Rusas(normas Soviéticas), DIN (Alemania),etc., a partir de una correcta producción en talleres y el logro de una conciencia especial acerca de la importancia del logro de la calidad.

Generalmente, su precio de venta, calidad, confort y estética compite favorablemente con el producto más barato en el mercado (láminas de hierro galvanizado) y permite el logro de beneficios razonables. En los proyectos de vivienda, la eficiente organización de los talleres y el empleo de mano de obra voluntaria permiten alcanzar ahorros importantes.

Además puede ser producida de forma descentralizada, a partir de materia prima importada, en la mayoría de los países resulta adaptable a cualquier escala de producción, incluyendo hasta unidades unifamiliares ya que la técnica de fabricación permite ser dominada por alguna persona que utilice de forma adecuada los medios de aprendizaje.

Una ventaja de la cubierta liviana frente a los sismos y terremotos, es la menor fuerza que aporta sobre la estructura soportante. Un techo de TMC es liviano y cuando las tejas son fijadas correctamente, no se deslizan o abaten, lo cual sí ocurre con la teja de barro. La TMC ha demostrado en la práctica su adaptabilidad a los diferentes climas, regiones, culturas y diversidad de fenómenos naturales, al soportar los intensos huracanes en el área del Caribe y Centroamérica. Además requieren de menos madera para la estructura soportante, en comparación con otras soluciones conocidas; logrando más economía y durabilidad.



1.8. La TMC en la Prevención y Mitigación de desastres del Caribe y Latinoamérica.

Según Martirena (2004) el crear las mínimas condiciones locales requeridas para la producción de materiales y tecnologías de construcción en zonas afectadas post-desastres, y convenientemente adaptadas a las condiciones regionales específicas, es sin lugar a dudas un fruto de la estrategia desarrollada por el CIDEM. En este sentido, la producción de Ecomateriales ha sido una condición básica con criterio de sostenibilidad al iniciar cualquier acción de reconstrucción, al crear las bases locales para eliminar dependencias externas del suministro de materiales de construcción básicos, en las zonas afectadas por algún fenómeno natural.

En el 2004, los embates de Charley e Iván afectaron 100 226 viviendas cubanas a su paso por el occidente del país, donde 5.360 viviendas de ellas resultaron destruidas totalmente. En el 2001, Isabela de Sagua, un poblado de Villa Clara sufrió serios impactos del huracán Michelle, con vientos de 280 kilómetros por hora, que destruyeron decenas de edificaciones. Es meritorio que, 21 viviendas cubiertas con tejas de micro cemento, soportaron los embates del huracán, ganando credibilidad la Teja de Microconcreto en todo el país, no obstante haber sido demostrada mucho antes en países de Centroamérica.

Los países del Caribe y Centroamérica apremian disponer de una tecnología para la solución del techo, que no requiera de grandes inversiones talleres para su fabricación, capaz de emplear pequeños talleres locales, y no necesitar una gran calificación de las personas. EcoSur en el transcurso de las últimas dos décadas ha trabajado por la construcción de viviendas resistentes y adecuadas a las condiciones climáticas y económicas. En Colombia, República Dominicana, Nicaragua, Jamaica y Cuba, estas viviendas han resistido numerosos huracanes, lo cual reafirma la confianza para seguir por ese camino.[EcoSur (2005)].



Después George en 1998, en República Dominicana, los proyectos de viviendas construidas confirman la estabilidad de la teja donde a pesar de la fuerza del viento, los techos de TMC no sufrieron daños, siendo estas fabricadas en talleres locales y colocadas sobre estructuras rústicas, mientras que la cubierta de láminas de zinc resultó muy afectada, constituyendo los huracanes una prueba para estos techos de TMC. El Huracán Gilbert, con vientos de 320 km/h en Jamaica.[EcoSur (2003)]³, provocó daños severos en los techos; sin embargo, la cubierta de TMC resistió y sólo algunas tejas resultaron dañadas al ser corridas o levantadas.

Según Martínez(2003), en Honduras tras Mitch, 35,000 familias perdieron sus viviendas, donde cerca de 50,000 resultaron severamente afectadas entre el 10 y 50%, sufrió una difícil situación generada por este fenómeno climatológico. La Red ECOSur y EcoVide, acometieron la autoconstrucción de centenares de viviendas para las familias afectadas. Los bloques y Tejas de Microconcreto, fueron producidos localmente, aspecto que permitió lograr costos bajos de construcción y terminar un total de 424 viviendas en dos proyectos en Ciudad España, pese al tiempo y las alzas del costo de los materiales de construcción.

En Nicaragua, EcoSur, Sofonías, EcoVide de Honduras y el CIDEM de Cuba, participan en la reconstrucción luego que Mitch asolara Centroamérica. Piedra, arena y barro fueron los materiales de construcción, junto a la tecnología de cimientos y paredes de hormigón ciclópeo (cal y canto), con cemento Pórtland mas puzolana, mientras la totalidad de los techos fueron construidos con TMC producidas en el lugar. [EcoSur (2003)]³

Por otra parte, en la provincia de Villa Clara, Cuba, posterior al paso del huracán Denis en el 2005, de los más de 200 techos construidos con tejas de microconcreto en la costa norte de la provincia ninguno sufrió daños de consideración. Cerca de 2.500 familias se han beneficiado con esta solución para rehabilitar sus casas.



1.9. Análisis comparativo de la TMC con respecto a otras soluciones de cubierta ligera.

A continuación se muestra las principales características y requerimientos técnico-económicos de varias soluciones de cubierta, donde se incluye la cubierta de TMC:[Arocha et. al. (2000)]¹

Tabla 1.1. Características de las soluciones de cubierta implementadas en Cuba.

| Solución de techos | Durabilidad (Años) | Res. a Flexo-Comp. (MPa) | Costos de 70 m ² de área | | | | | Pendiente Mínima (%) |
|-----------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------------------|-------|--------------|-------|-------|----------------------|
| | | | Material | | Mano obra MN | Total | | |
| | | | USD | MN | | USD | MN | |
| Tejas TMC | 20 | 5 | 166.1 | 842.4 | 70.6 | 166.1 | 913.0 | 30 |
| Tejas Asbesto Cemento | 15 | 4.5 | 349.6 | 470.6 | 70.6 | 349.6 | 541.2 | 35 |
| Tejas Plásticas | 9 | 6.5 | 615.0 | 390.2 | 31.4 | 615 | 421.6 | 25 |
| Planchas Zinc Galv. | 15 | 14.0 | 870.1 | 615.1 | 70.6 | 870.2 | 685.6 | 20 |
| Entab.y teja criolla | 25 | 7.0 | 413.8 | 478.5 | 47.0 | 413.8 | 525.5 | 25 |

A pesar de reflejar la Teja de Microconcreto, una durabilidad ante diferentes ambientes de un período de 20 años, al estar conformada por microconcreto, resulta factible asegurar que su vida útil puede llegar a superar el resto de las tejas ligeras, si evaluamos la presencia agresiva del aerosol marino en una gran extensión a lo largo de los territorios ubicados en la franja norte y sur de las costas en Cuba. Mientras el comportamiento de la resistencia a flexo compresión al alcanzar 5 MPa, muestra una ligera diferencia con el resto de las soluciones, excepto con la lámina metálica de zinc. En cuanto a la resistencia al viento, las tejas de microconcreto soportan hasta 150 Km/h, no obstante al estar atadas, permiten que solo los vientos huracanados fuertes,



produzcan limitados deslizamientos, evitándose así su posible voladura y fractura, además en el caso de estar atadas y romperse un número reducido de ellas, resulta fácil de restituir, mientras que el resto de las láminas evaluadas, una vez dañadas requieren su reposición total de la lámina, generando en ocasiones serios problemas en la adquisición y restitución del material o la reparación de la cubierta, por tanto la TMC, en estos casos al igual que la teja de barro manifiesta un mejor comportamiento.

En comparación con las planchas de asbesto-cemento, y metálicas las tejas de microconcreto son más duraderas y resistentes en sentido general, además estas planchas al ser producida solo en la gran industria representa un costo elevado la fibra o el metal empleado en su conformación, todo lo contrario de la TMC que se fabrica a escala local relativamente cerca de su vivienda, logrando que esta sea mas eficaz desde el punto de vista de los recursos que emplea y su posible impacto ecológico al usar materiales peligrosos, costosos y una energía significativa en su obtención.

Según [Arocha et. al.(2003)] al evaluar desde el punto de vista técnico las soluciones de cubierta empleadas en Cuba enfatiza los siguientes aspectos:

1. Seguridad y Confort.
2. Economía en tiempo de ejecución.
3. Economía en mano de obra.
4. Resistencia al viento.
5. Incombustible.
6. Aislante Térmico.
7. Poder Impermeabilizante.
8. Durabilidad.

A continuación la gráfica analiza las diferentes soluciones de cubierta estudiadas según [Arocha et. al. (2000)]² partiendo de la evaluación cuantitativa de indicadores de máxima prioridad a la hora de validar el comportamiento, la seguridad, el confort y el grado de aceptación entre otros



aspectos. En el mismo se aprecia de forma nítida las ventajas de la TMC sobre el resto de los materiales utilizados para techos en diversos indicadores.

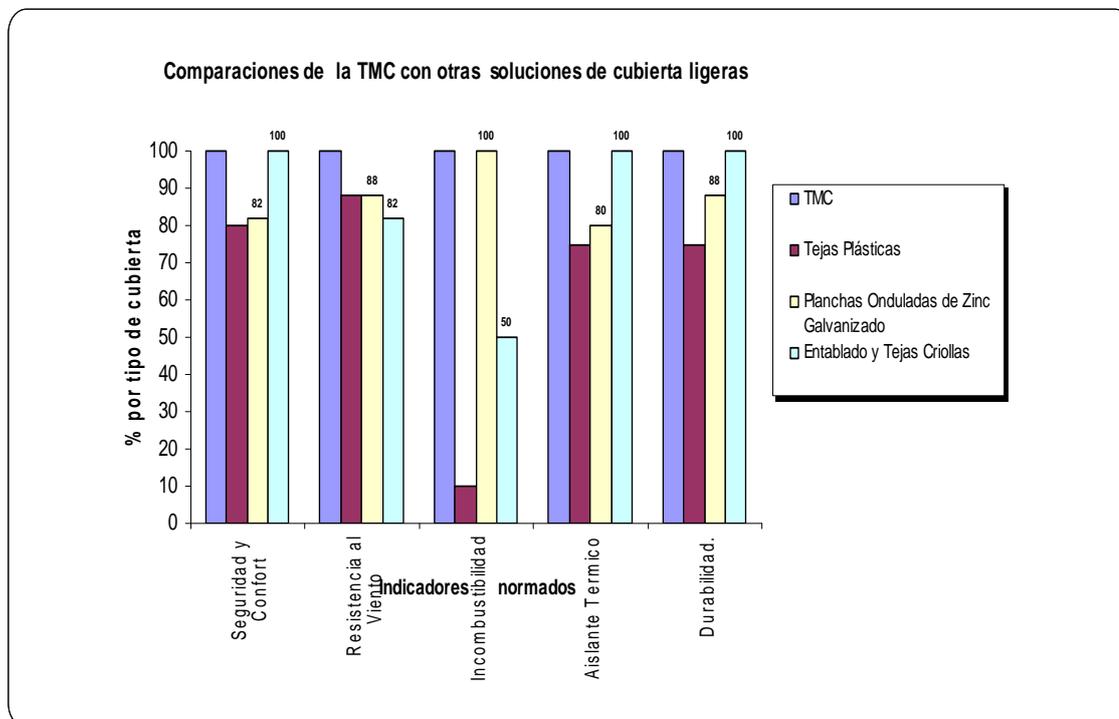


Gráfico 1.1. Comparaciones de la TMC con otras soluciones de cubierta ligera implementadas en Cuba.

Como se puede apreciar en la gráfica anterior solo dos soluciones de techos alcanzan convenientes parámetros de seguridad, confort, resistencia al viento y que supedita el posterior mantenimiento, además de mostrar una adecuada durabilidad: la TMC y las tejas de barro sobre entablado de madera, al acercarse la mayoría de los parámetros analizados al máximo valor. Se puede considerar entonces que la Teja de Microconcreto constituye una solución ideal para la cubierta de la vivienda en el Caribe y Centroamérica, si tenemos en cuenta la incidencia de las variables que priman en el costo de la vivienda, es decir la disponibilidad los materiales, nivel de ejecución y los requerimientos de durabilidad, siendo estas azotadas cada año por vientos y huracanes fuertes. Por lo que sin a lugar a dudas, solo su empleo y producción descentralizada en un pequeño taller local, pudiera atenuar la triste situación en materia de vivienda que logre un aspecto confortable en países de bajos recursos económicos.



A pesar de reflejar la tabla en la Teja de Microconcreto, una durabilidad ante diferentes ambientes de 20 años, al ser conformada de microconcreto es probable asegurar que su vida útil supera el resto de las tejas ligeras ante un clima agresivo como el de Cuba, azotado en sus costas por el aerosol marino en una gran extensión del país. Mientras su resistencia a flexo compresión de 5 MPa muestra ligera diferencia con el resto de las soluciones, excepto la lámina de zinc. En cuanto a la resistencia al viento, las tejas de microconcreto soportan hasta 150 Km/h, no obstante al estar atadas y colocadas, solo los vientos huracanados fuertes, producen limitados deslizamientos, evitándose su voladura y fractura, además de ser fáciles de restituir, mientras que el resto de las láminas evaluadas, una vez dañadas requieren su reposición total de la lámina, generando en ocasiones serios problemas en la adquisición y restitución del material o la reparación de la cubierta, por tanto la TMC, en estos casos al igual que la teja de barro manifiesta un mejor comportamiento.

En comparación con las planchas de asbeto-cemento, y metálicas las tejas de microconcreto son más duraderas y resistentes en sentido general, además estas planchas se producen en grandes industrias representando un elevado costo la fibra empleada o del metal en su conformación, todo lo contrario de la TMC que se fabrica a escala de taller local cerca de su vivienda, esto hace que esta sea más eficaz desde el punto de vista de los recursos en divisas que emplea y su impacto ecológico al usar materiales costosos y energías superiores en su obtención.

1.10. Conclusiones Parciales.

1. La mayor problemática de las soluciones de cubierta ligeras implementadas en el mundo es que íntegramente no siempre cumplen con la triada de Buena, Bonita y Barata.
2. Una solución alternativa a esta compleja problemática de la vivienda es la autoconstrucción de viviendas a partir de materiales locales.
3. De 15 plantas a comienzos de los años 90, se ha extendido los talleres locales con una producción que supera los 12 millones de m² lo cual equivale a 200 000 techos de TMC.



4. En Cuba a pesar del empleo de los Ecomateriales en veinte municipios del país, para el 2010 se requiere materializar una producción estable y de calidad en cada taller y municipio.
5. En nuestro país se han cometido una serie de errores que atentan contra la calidad de la TMC, entre los mas importantes se puede citar el uso de una arena no adecuada y de cementos no adecuados que pesan en la diseminación y aceptación en diversas localidades.
6. La TMC es producida localmente sin necesidad de una materia prima importada y de un gran consumo de energía, atenuando el impacto, en el sector económico, social y ambiental.
7. Motivado por el papel que ha jugado la TMC, en países de Latinoamérica, vale la pena adoptar y desarrollar con una paciente y pensada estrategia la TMC en Cuba como una adecuada solución constructiva hoy en día.



2.0. Generalidades.

El presente capítulo propone lograr una caracterización general de los talleres de Ecomateriales, pertenecientes a las localidades de Sagua la Grande y Quemado de Güines en la provincia Villa Clara, teniendo en cuenta:

- ✚ Materias Primas utilizadas para la producción de la TMC.
- ✚ Comportamiento de la producción de TMC en el período 2000-2007.
- ✚ Principales limitaciones y deficiencias existentes en el taller.
- ✚ Capacidad instalada en cada taller.

Además se realizan encuestas a personas que habitan en viviendas con cubiertas de teja de microconcreto, o que se relacionan con los procesos de fabricación de estos Ecomateriales en los municipios mencionados, mediante el análisis de los gráficos obtenidos se llega a conocer la aceptación de dicha solución en la población. Finalmente se realiza la ficha de costo de la TMC y se refleja el costo de producción y el precio de venta de la misma.

Para la conformación de este capítulo se emplea varias fuentes de información, donde se destaca en primer lugar los criterios de técnicos y personal del taller; de especialistas de la Entidad de Microbrigadas Sociales y Servicios a la Vivienda (EMSSV), entidad que administra el taller, también de la Unidad Inversionista de la Vivienda (UMIV) y especialistas de diferentes ramas relacionadas con la rama constructiva.

2.1. Fabricación de la TMC en el taller de Ecomateriales de Sagua y Quemado de Güines.

El municipio Sagua la Grande posee un taller de Ecomateriales donde se fabrican, entre otros materiales de construcción, bloques huecos de hormigón, vigas y Tejas de Microconcreto. Hace aproximadamente un lustro, en los inicios de su ciclo productivo, el municipio materializó la producción de altos volúmenes de la TMC, acorde a las 2 máquinas operadas por 2 operarios adiestrados, al fabricar más de 300 tejas diarias. En dicho período se logra una adecuada Teja de Microconcreto que cumplía los estándares mas rigurosos establecidos para dicho material, en cuanto a resistencia a flexión al resistir cargas mayores de 60 Kg, una vez que se lograba un tiempo mínimo de curado de 7 días de la teja dentro de las tinas, y luego de someterla a un almacenamiento 21 días bajo el techo de la nave.



La venta acorde a los ciclos productivos, dio como resultado que la TMC constituyera un producto de buena aceptación en la población, logrando un precio de venta de alrededor de 70 centavos por unidad. Los lotes de las tejas conformadas en el taller se suministraban directamente a la UMIV, encargada de ofertarlas y distribuir las a la población.

Desde hace cerca de tres años el taller prácticamente produce un mínimo volumen de tejas, llegando al punto de paralizar durante meses sus producciones por largos períodos de tiempo, motivado por la insuficiente disponibilidad de arena artificial en el taller, la cual se adquiere de la cantera Mariano Pérez (El Purio). En los 8 meses últimos ha recibido el taller solo 10 m³ de dicha arena, a pesar de las gestiones infructuosas para su compra, a partir del presupuesto en divisas de proyectos, por parte de la Facultad de Construcciones de la Universidad Central "Martha Abreu de Las Villas" válidos para adquirir hasta 170 m³, además no debe dejarse de mencionar el limitado apoyo del gobierno local y provincial con relación a este aspecto¹. En visitas realizadas por los autores al taller se constata una serie de deficiencias que se reflejan a continuación:

- No está definida la TMC entre las prioridades de la UMIV y de la ECSSV del municipio.
- Existe inestabilidad y poca entrega del personal del taller que produce la teja.
- No existe capacitación del personal que produce la TMC.
- No logra el tiempo mínimo establecido para el curado de la teja atentando contra su comportamiento físico mecánico y su durabilidad.
- En el tanque de curado, el agua, no cubre las tejas colocadas en el mismo.

Teniendo en cuenta que la calidad de la materia prima a emplear, al formar esta parte del proceso de fabricación de la teja, resulta lograr un cierto protagonismo a la hora de obtenerse una TMC con adecuada aceptación y

¹ Datos ofrecidos por el Director del Taller de Sagua la Grande.



calidad, por lo que en el taller se realizan evaluaciones cualitativas elementales donde se registran los siguientes indicadores:

- ✚ Impresión general del Taller.
- ✚ Moldes.
- ✚ Vibradora.
- ✚ Materia Prima.
- ✚ Proceso de Fabricación.

Al evaluar la TMC que produce el taller de Ecomateriales del municipio Sagua la Grande se obtuvo los resultados que a continuación se muestran:

Tabla 2.1 Evaluación Cualitativa Elemental del Taller de Sagua la Grande.

| Indicador | Valorización | Suma | Máx. Puntuación |
|---------------------------------------|--------------|-----------|-----------------|
| A Impresión General del Taller | | 32 | 50 |
| A1 Limpieza | 3 | | |
| A2 Almacén Materia Prima | 4 | | |
| A3 Tina de Curado | 5 | | |
| A4 Área Taller | 5 | | |
| A5 Área de Curado | 4 | | |
| A6 Administración | 2 | | |
| A7 Control Proceso y Ensayo | 3 | | |
| A8 Equipo de Calidad | 0 | | |
| A9 Venta | 4 | | |
| A10 Capacitación Personal | 2 | | |
| Subtotal | 32 | | |
| B Moldes | | 23 | 35 |
| B1 Material del Molde | 4 | | |
| B2 Colocación uno encima de otro | 3 | | |
| B3 Repetitividad del molde | 2 | | |
| B4 Limpieza del molde | 3 | | |
| B5 Marco de madera | 3 | | |
| B6 Limpieza del plástico | 3 | | |
| B7 Espesor del plástico | 5 | | |
| Subtotal | 23 | | |
| C Vibradora | | 23 | 25 |
| C1 Resistencia Vibradora | 5 | | |
| C2 Condiciones de Operación | 4 | | |
| C3 Ruido Vibradora | 5 | | |
| C4 Limpieza Vibradora | 5 | | |
| C5 Limpieza del Marco | 4 | | |
| Subtotal | 23 | | |
| D Materia Prima | | 17 | 20 |
| D1 Calidad del cemento | 5 | | |
| D2 Calidad de la arena | 4 | | |
| D3 Diseño dosificación | 5 | | |
| D4 relación agua cemento | 3 | | |



| | | | |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Subtotal | 17 | | |
| E Proceso de Fabricación | | 32 | 35 |
| E1 Medición Materia Prima | 4 | | |
| E2 Dosificación | 3 | | |
| E3 Mezclado Materia Prima | 4 | | |
| E4 Tiempo Utilización Mezcla | 5 | | |
| E5 Curado 24 horas | 3 | | |
| E6 Curado Tanque | 5 | | |
| E7 Almacenamiento | 4 | | |
| Subtotal | 32 | | |

Por otra parte, el taller de Ecomateriales de Quemado de Güines, surge a raíz de las serias afectaciones sufridas por el municipio a inicios del 2001, a causa de los vientos de huracanes de alta intensidad en la región, al ubicarse en un antiguo almacén del municipio. El Centro de Investigación y Desarrollo de las Estructuras y los Materiales (CIDEM), junto a la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE) y el sistema de la vivienda en la provincia y municipio, gestan la creación de un taller local de producción de materiales de construcción, el cual inicia sus producciones en febrero, 2002. En un inicio solo produce bloques huecos de hormigón, logrando incorporar más adelante las Tejas de Microconcreto (TMC) y los marcos de hormigón para ventanas y puertas.²

El taller en los años iniciales logra una teja y un bloque de hormigón adecuado como principales productos, al cumplir estos los requerimientos técnicos reglamentados para la teja y el bloque. Los ensayos a la TMC consolidan esta como un buen producto y de aceptación en la población del municipio, a pesar de que en sus inicios se llegó a ver la teja de microconcreto como una solución de techo no apropiada, generado por la compra de 15 000 tejas en Sagua, todas de pésima calidad, lo cual generó en la población un mal estado de opinión sobre el producto.

Si al inicio la producción del taller se condicionó a COSUDE, al financiar la totalidad de la compra de materias primas y medios de producción, con la llegada del 2003, al cesar el financiamiento en la compra de áridos por parte

² Datos brindados por el director del Taller de Quemado de Güines Ing. Alfredo Pérez.



del proyecto antes mencionado, se comienza de forma acelerada a disminuir la producción del taller. Este taller también ha estado afectado de sobremanera por el no suministro de arena artificial proveniente de la cantera Mariano Pérez (El Purio). Al aplicar una evaluación similar al caso del taller de Ecomateriales de Sagua al taller de Quemado, se obtuvo el siguiente resultado:

Tabla 2.2 Evaluación Cualitativa Elemental del Taller de Quemado de Güines.

| Indicador | Valorización | Suma | Máx. Puntuación |
|---------------------------------------|---------------------|-------------|------------------------|
| A Impresión General del Taller | | | |
| A1 Limpieza | | 27 | 50 |
| A2 Almacén Materia Prima | 3 | | |
| A3 Tina de Curado | 3 | | |
| A4 Área Taller | 5 | | |
| A5 Área de Curado | 4 | | |
| A6 Administración | 3 | | |
| A7 Control Proceso y Ensayo | 2 | | |
| A8 Equipo de Calidad | 0 | | |
| A9 Venta | 0 | | |
| A10 Capacitación Personal | 4 | | |
| Subtotal | 27 | | |
| B Moldes | | | |
| B1 Material del Molde | 4 | 25 | 35 |
| B2 Colocación uno encima de otro | 3 | | |
| B3 Repetitividad del molde | 3 | | |
| B4 Limpieza del molde | 3 | | |
| B5 Marco de madera | 5 | | |
| B6 Limpieza del plástico | 3 | | |
| B7 Espesor del plástico | 4 | | |
| Subtotal | 25 | | |
| C Vibradora | | | |
| C1 Resistencia Vibradora | 3 | 19 | 25 |
| C2 Condiciones de Operación | 2 | | |
| C3 Ruido Vibradora | 5 | | |
| C4 Limpieza Vibradora | 5 | | |
| C5 Limpieza del Marco | 4 | | |
| Subtotal | 19 | | |
| D Materia Prima | | | |
| D1 Calidad del cemento | 5 | 17 | 20 |
| D2 Calidad de la arena | 4 | | |
| D3 Diseño dosificación | 5 | | |
| D4 relación agua cemento | 3 | | |
| Subtotal | 17 | | |
| E Proceso de Fabricación | | | |
| E1 Medición Materia Prima | 5 | 29 | 35 |
| E2 Dosificación | 4 | | |
| E3 Mezclado Materia Prima | 3 | | |
| E4 Tiempo Utilización Mezcla | 4 | | |



| | |
|--------------------|-----------|
| E5 Curado 24 horas | 5 |
| E6 Curado Tanque | 5 |
| E7 Almacenamiento | 3 |
| Subtotal | 29 |

2.2. Requerimientos de las materias primas y equipamiento empleado en la fabricación de la TMC.

Las materias primas principales a emplear en la obtención de una TMC son:

- Cemento P-350.
- Arena
- Agua potable.
- Pigmentos Colorantes

Las tres materias primas iniciales resultan esenciales para la mezcla o mortero a emplear en la fabricación de la teja, no obstante en ocasiones si se requiere el logro de efectos especiales o estéticos se usan pinturas, materiales colorantes y aditivos a la mezcla como aceleradores y plastificantes de la mezcla.

Cemento P-350

El cemento Pórtland constituye el aglomerante por excelencia más utilizado en la construcción hoy en día, por lo que en el caso de las Tejas de Microconcreto, motivado por la resistencia que se requiere según norma, su limitado espesor y las características del proceso de fabricación, el cual exige una adecuada manipulación en un período de tiempo como máximo de 24 horas se demanda el empleo del cemento P-350.

| Índice | Requisitos | UM | P-350 |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------|-------|
| Físicos | Retenido en el tamiz # 200 (máx.) | % | 10 |
| | Superficie específica Blaine (min.) | cm ² /g | 2800 |
| | Tiempo fraguado inicial (min.) | min. | 45 |
| | Tiempo fraguado final (máx.) | h | 10 |
| | Estabilidad de expansión Le Chatelier (máx.) | mm | 10 |
| | Resistencia a la flexotracción (min.) 3 días | (MPa) | 3 |
| | Resistencia a la flexotracción (min.) 7 días | | 4 |
| | Resistencia a la flexotracción (min.) 28 días | | 6 |
| Resistencia a la compresión (min.) 3 días | 17 | | |



| | | | |
|-----------------|--------------------------------------------|-------|----------|
| | Resistencia a la compresión (min.) 7 días | (MPa) | 25 |
| | Resistencia a la compresión (min.) 28 días | | 350 (35) |
| Químicos | Pérdida por ignición (máx.) | % | 4.0 |
| | Residuo insoluble (máx.) | % | 4.0 |
| | Oxido de magnesio (máx.) | % | 5.0 |
| | Trióxido de Azufre (máx.) | % | 3.5 |

Tabla 2.3. Características del cemento P-350 según NC-95:2001 Cemento Pórtland.

El taller debe realizar el control diario para evaluar la calidad del cemento disponible, siempre a través del ensayo visual-táctil. Este ensayo comprueba la existencia o no de grumos o partículas sólidas en el cemento, especialmente cuando este tiene una edad avanzada o ha estado expuesto a la humedad. Para realizar el ensayo, el técnico o maestro de obra, debe inspeccionar de forma visual y mediante el tacto, si el cemento contiene terrones, cada día antes de iniciar la fabricación del lote de tejas. Si los terrones resultan pequeños y suaves que se trituran o desmenuzan al pasar a través de una malla de 0.5 mm de abertura, debe ser empleado un mortero rico en cemento, conformado con el 50% de este cemento y un 50% de otro surtido de superior calidad.

Si las partículas o grumos detectados no se rompen fácilmente al aplicar una ligera presión de los dedos, no debe utilizarse el cemento ya que la TMC no alcanzará la resistencia requerida. También debe realizar los Ensayos de laboratorio de acuerdo con los métodos establecidos por las NC, B.S. ASTM, DIN. (resistencia, tiempo de fraguado, finura, contenido de SO₃, estabilidad). Este ensayo requiere de personal calificado y condiciones adecuadas en laboratorios para evaluar surtidos procedentes de diferentes suministradores o cuando existan dudas sobre la calidad del cemento recibido. Mientras el tiempo de fraguado del cemento debe ser superior a los 60 minutos e inferior a las 6 horas. Este aspecto es importante comprobar al existir partidas de diferentes suministradores con propiedades diferentes, lo cual puede influir



negativamente en la estabilidad de las mezclas que se emplean en la fabricación de la teja.

Arena

La arena a emplear ya sea natural o artificial debe tener un tamaño máximo del grano acorde al espesor de la teja, pero nunca sobrepase los 5.5 mm, con una forma que tienda a la esférica o cúbica, tratando de no emplear arenas con granos laminares. La granulometría de las partículas debe estar compuesta por diferentes tamaños, pero limitando a menor cantidad posible de partículas muy finas (limo y arcilla). La arena se debe almacenar en lugares secos y protegidos de las inclemencias del tiempo, no almacenándose a la intemperie. A continuación se muestran especificaciones que debe cumplir la arena empleada para fabricar TMC:

- ✚ Contenido de materias o sustancias perjudiciales menor del 4%.
- ✚ Tamaño máximo del grano debe ser de 5.5 mm.
- ✚ La teja de espesor 8 mm, la arena debe lograr de 30-50% de componentes mayores de 2 mm y para tejas de espesor de 10 mm puede llegar a 35-55% de dichos componentes.
- ✚ Para la teja de espesor 8 mm, la arena debe tener de 10-55% de componentes de 0.5-2 mm y para tejas de 10 mm de espesor tener de 10-50% de estos componentes.
- ✚ La arena debe tener de un 15-40% de sus componentes menores de 0.5 mm.

A continuación se hace referencia a los ensayos que se le deben realizar a la arena:

Ensayo para determinar contenido de limo y arcilla.

Se realiza antes de la dosificación del mortero o cada vez que se utilice un nuevo depósito o yacimiento como fuente de abastecimiento de arena. Como resultado el contenido de arcilla y limo no debe exceder el 4%, de ocurrir lo contrario, se debe lavar la arena o utilizar otra fuente de abastecimiento más adecuada. Al lavar la arena esta pierde una gran cantidad de finos por lo que habrá que realizar posteriormente el ensayo de granulometría para comprobar su distribución granulométrica resultante.



Ensayo de entumecimiento.

Esta prueba se realiza para evaluar la variación de la arena debido al contenido de humedad antes de comenzar a realizar la primera amasada del día. El entumecimiento se calcula evaluando la variación de la altura del material en un volumen estandarizado.

$$\% \text{ entumecimiento} = \frac{h_1 - h_2}{h_2} * 100$$

Ensayo para determinar impurezas inorgánicas.

Se realiza cada vez que se reciba un nuevo envío de la arena. Como resultado debe obtenerse un color del líquido encima de la arena más claro que el color patrón, de lo contrario indica la posibilidad de que la arena contenga materia orgánica nociva, por lo que esta arena no se recomienda ser utilizada hasta tanto un laboratorio acreditado certifique su calidad al ser ensayada.

Ensayo de contenido de humedad.

Realizado por personal de laboratorio debe obtenerse el peso de la arena, su contenido de humedad y por consiguiente los volúmenes de agua que contiene la arena. El contenido de humedad de la arena debe ser incluido en los cálculos de las dosificaciones para tener en cuenta la cantidad de agua que se debe añadir o retirar a la mezcla.

Agua

Las características del agua utilizada en la mezcla influyen de sobremanera en la calidad de las tejas, pues si esta contiene cierto nivel de contaminación puede acarrear efectos negativos en el proceso de fraguado y endurecimiento del mortero. Debe estar limpia, preferiblemente se debe emplear el agua potable ordinaria. Esta es una de las razones por la que debe tenerse depósitos independientes para el agua de mezclado y nunca utilizar agua de tanques de curado para el mortero.



2.2.1. Equipamiento empleado en Talleres para la fabricación de la TMC

Máquina vibradora: consta de un chasis metálico sobre el cual va montada una placa vibradora accionada por un motor de 12 voltios, de corriente directa (DC). Puede ser accionada con una batería de automóvil (12 voltios) o desde la red eléctrica con un transformador de corriente alterna a directa (AC/DC) de 10 ó 15 amperios, 120-180 voltios.

Marcos metálicos: tiene una dimensión interior de 500 mm x 270 mm y espesor de 8 ó 10 mm, según se solicite. El marco dispone de una pequeña caja metálica en el lado izquierdo, donde se forma el taco del soporte.

Moldes: deben ser idénticos, livianos y resistentes. Permiten ser colocados uno encima del otro formando una cámara de curado hermética capaz de retener el agua del mortero al evaporarse colaborando en la reacción de hidratación del cemento con el agua. El molde debe permanecer siempre limpio e indeformable mediante el empleo de un marco de madera adosado al molde, con la finalidad de hacerlos rígidos y que no se deformen al colocar la teja fresca.

Cuchara dosificadora: permite colocar sobre la mesa la cantidad exacta de mortero para fabricar una teja. No debe usarse para otras funciones, pues puede deformarse y perder sus dimensiones.

Desmoldeador: permite comprobar las dimensiones de la teja, detectar cuando no esta no fue colocada correctamente en el molde y facilitar la limpieza de los bordes con el mínimo de roturas.

2.3. Análisis de la capacidad instalada en el taller local. Índice de explotación del taller de TMC en los talleres seleccionados.

2.3.1. Taller de Quemado de Güines.

El Taller cuenta con una máquina vibradora, la cual es capaz de producir en 8 horas de trabajo alrededor de 300 tejas, por lo que su bajo rendimiento actual se debe principalmente a la cantidad reducida de moldes, que al solo ser 165 moldes reduce la capacidad nominal de la máquina a la mitad. En caso de un taller producir de 300 a 350 tejas posibles diarias, se podrían alcanzar cerca de 86 400 en los 288 días laborables del año, equivalentes a 6



912 m², por lo que solo la producción alcanzada permitiría techar 98 viviendas anuales de aproximadamente 70 m².

Si se calcula la eficiencia que tendría si se trabajara toda la jornada de 8 horas logrando una producción de 300 tejas sería de:

$$E = \frac{\text{Rendimiento Real}}{\text{Rendimiento No minimal}} \times 100 \quad E = \frac{300}{350} \times 100 \quad E = 86\%$$

Actualmente en la gran mayoría de los talleres en el país instalados no se cumple los niveles de eficiencia mínimos, no rebasando el 50 % debido, motivado en gran medida por la limitada cantidad de moldes disponibles, unido a un deficiente proceso organizacional que garantice en el taller una producción estable. En el taller analizado se alcanza solo un 47 % los días que produce que en ocasiones no alcanzan los 6 meses en el año.

No obstante el taller cuenta con tanques de curado de 350 y 425 tejas de capacidad respectivamente. Además de un almacén con capacidad de aproximadamente 600 bolsas de cemento, un área de 21 m² capaz de almacenar de 13-17 m³ de arena artificial. El agua se transporta en camiones y además existe áreas de 20 m² a cielo abierto y una de 25 m² techada adecuada para garantizar el almacenaje de las tejas durante 21 días de curado fuera del agua.

2.3.2. Taller de Sagua la Grande.

El Taller cuenta con una máquina nueva suministrada por la Universidad Central de Las Villas, la cual no se explota eficientemente debida en gran medida a la insuficiente organización de la producción, unido a la falta de recursos como la arena artificial en estos momentos y en menor medida el cemento. En los últimos 8 meses solo recibe el taller 10 m³ de arena artificial. Esto manifiesta el deplorable índice de explotación de la máquina instalada, además de tener un solo operario no calificado, obligado a simultanear sus funciones en el taller, al no establecerse el pago del mismo acorde al resultado y calidad de la producción de tejas, arrojando un insuficiente nivel de eficiencia del 35 % en un día normal de trabajo



El tiempo de producción invertido en la producción de las 8 334 tejas, a partir del uso óptimo de la arena asignada, teniendo en cuenta lo antes planteado, es de aproximadamente 42 días, de los 8 meses contabilizados, llegando a la conclusión que la máquina solo ha trabajado con una pobre eficiencia, durante un 25 % de los días laborables establecidos.

A pesar de lo antes señalado se posee 750 moldes, de los cuales solo utiliza en estos momentos un 15 % de ellos. Dispone además de dos tanques de curado con capacidad para 450 tejas, un área con capacidad para almacenar 15 m³ de arena artificial, almacenes con capacidad de 15 y 30 toneladas de cemento, así como un área de 50 m² para almacenar las tejas durante los 21 días de curado fuera del agua.

2.4. Volúmenes de Producción de la TMC 2000-2007. Indicadores de calidad de la TMC.

El Taller de Ecomateriales de Sagua la Grande ha obtenido una producción total de 98 896 tejas de microconcreto en el período 2000-2007. A continuación se reflejan en un gráfico el comportamiento de la producción anual de este producto:

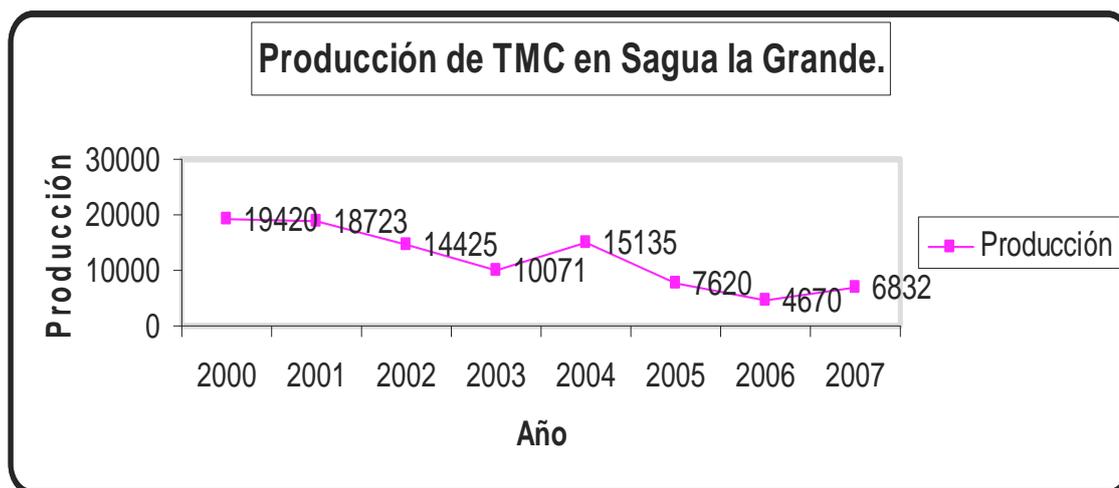


Gráfico 2.1 Comportamiento de la producción de TMC por año.

La producción de Tejas de Microconcreto en este taller ha decrecido del año 2000 a la fecha de hoy, desde casi 20 000 unidades fabricadas en el 2000 ha disminuido hasta aproximadamente cerca de 6 800 producidas el pasado



año, motivado principalmente por la falta constante de materia prima, especialmente la arena artificial, que ha llegado a un nivel tal que en los últimos tiempos el taller no ha contado con un abastecimiento regular de dicho material.

El Taller de Ecomateriales de Quemado de Güines ha producido un total de 52 987 Tejas de Microconcreto, desde el año 2002 hasta el 2007, no obstante interrumpió la fabricación de tejas en el año 2005 y 2006 debido a la falta total de abastecimiento de materia prima, principalmente la arena artificial. A continuación se reflejan la producción obtenida anualmente en este taller:

En este taller hubo un incremento en el año 2003 de casi 22000 tejas pero luego la producción fue decreciendo hasta llegar al punto de estar inactiva en los años 2005 y 2006. Continuando en el 2007 con una producción que apenas alcanzó, aproximadamente las 4000 tejas.

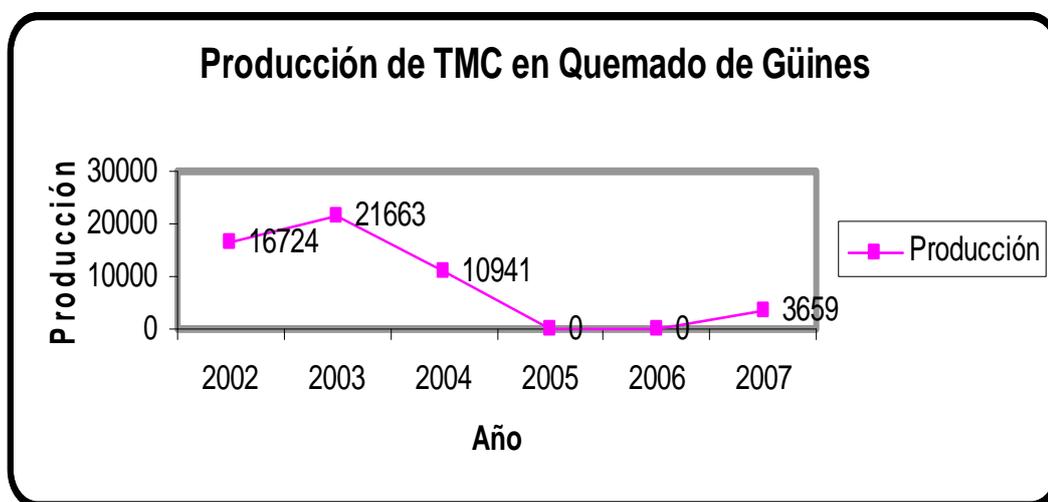


Gráfico 2.2 Comportamiento de la producción de TMC por año.

2.5. Aceptación de la TMC por la población y entidades de la vivienda en Sagua y Quemado de Güines.

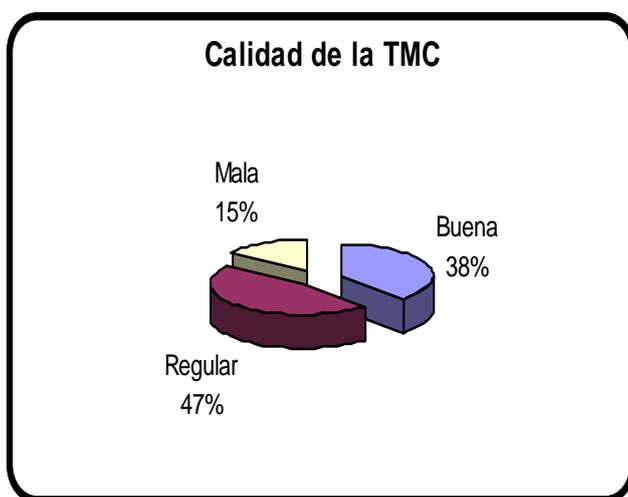
Para diagnosticar el grado de aceptación de la TMC por parte de la población se aplicaron encuestas a cerca del 98 % de las viviendas a estudiar , al abordar aspectos fundamentales que muestran criterios de conformidad del



cliente ante esta solución alternativa de cubiertas, la herramienta empleada aparece en el anexo I.

A continuación se reflejan de forma grafica los principales resultados obtenidos en la región norte villaclareña en viviendas edificadas con la TMC en dichas cuatro localidades, una vez ubicadas las mismas, utilizando planos y memorias del Instituto de la vivienda y registros de la ECSSV de cada municipio. Se aplicó la encuesta a personas que su vivienda tiene una cubierta de TMC, en las localidades de Sagua la Grande (13), Isabela de Sagua (16), Quemado de Güines (15) y el CAI Panchito Gómez Toro (13).

Gráfico 2.3 Calidad de la TMC.



En Sagua los resultados que se grafican muestran que solo un 38 % de los encuestados consideran que la teja tiene como material de construcción una buena calidad, por lo que cerca del 50 % de los encuestados plantean que la TMC tiene una calidad regular y

solo el 15% sostiene que el producto manifiesta una mala calidad.

Gráfico 2.4 Confort y Satisfacción



Los criterios sobre el confort y el nivel de satisfacción del cliente no arrojan una clara definición al respecto, ya que existe un criterio compartido de un 54% de usuarios que plantean estar inconformes con este tipo de cubierta, no obstante se reconoce este tipo de

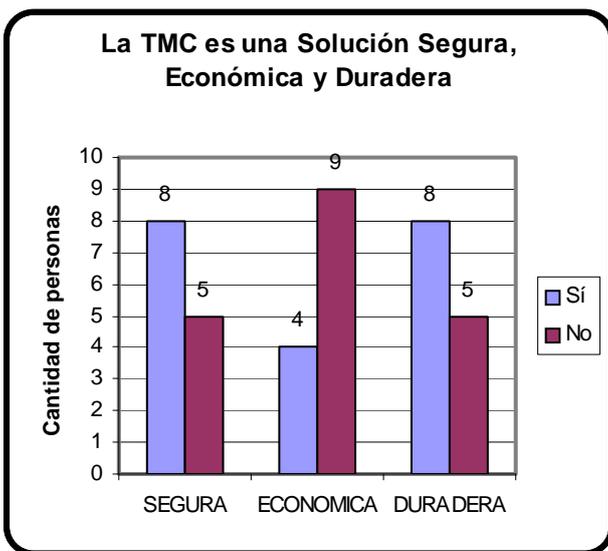
cubierta como adecuada térmica y estéticamente en un 85 % de los encuestados.



Gráfico 2.5. Adecuada desde el punto de vista Térmico y Estético.

Respecto al aspecto o criterios de las personas relativos a la seguridad, economía y durabilidad no existe una clara definición, no obstante el 70 % de las respuestas plantean que es una solución económica y viable, no obstante un 60 % de las personas no ven la cubierta TMC segura y duradera a pesar de las positivas experiencias en la región ante el azote de los huracanes.

Respecto a la seguridad que brinda un techo de TMC, un 62% de los usuarios



alegan que sí es seguro mientras que el 38% restante no estuvo de acuerdo con esto. Un 31% planteó que la TMC no era económica y el resto afirmó lo contrario, mientras que un 62% dijo que sí era duradera.

Gráfico 2.6. TMC: Solución Segura, Económica y Duradera



Gráfico 2.7. Problemas de la TMC y su posterior mantenimiento.

El 77% de las personas no ha presentado problemas significativos con su cubierta y su posterior mantenimiento, lo cual puede estar asociado en la limitada edad de la viviendas en



las cuales habita, no obstante un 23% ya muestra inconformidades, lo cual es una preocupación del usuario a menos de una década de construida la vivienda.



Gráfico 2.8. Adecuada fijación de las tejas.

Al valorar la fijación de la teja ocurrió lo contrario, es decir, una mayoría del 77% de las persona planteaba que las tejas garantizaban una adecuada estabilidad al estar bien fijadas mientras que el 23% afirmaba lo contrario.

Relacionada con los huracanes, el 100% de las casas con cubierta de TMC han soportado el paso de huracanes tan fuertes como Michelle, Denis, entre otros.



Gráfico 2.9. Acciones importantes de mantenimiento en su cubierta.

El 85% de las personas afirman que han tenido que realizar acciones importantes de mantenimiento en su cubierta, lo cual no se justifica por la edad del inmueble, sin embargo la

realización de acciones simples de mantenimiento que no requieren sustituciones importantes de los elementos soportantes y solo de algunas tejas corridas o no correctamente interconectadas deben ser superiores al 15%.



La TMC es una solución de techo satisfactoria y confortable con relación a la teja de fibrocemento o las láminas metálicas de zinc galvanizado.

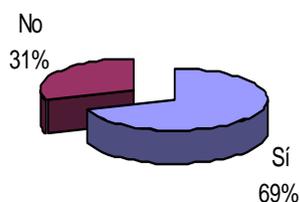


Gráfico 2.10. TMC solución satisfactoria y confortable con relación otras soluciones.

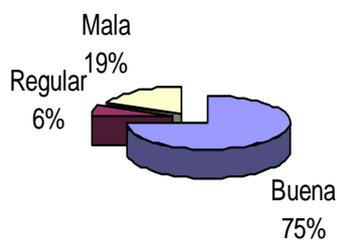
Un 69% de los usuarios planteó que la TMC es una solución de techo satisfactoria y confortable con relación a otras soluciones como la teja de fibrocemento o las láminas metálicas de zinc galvanizado, lo cual demuestra que a pesar de los problemas de ejecución y de calidad

de las tejas, esta solución muchos clientes la prefieren aun.

2.5.1. Isabela de Sagua

Al evaluar el poblado de la Isabela de Sagua, los resultados obtenidos en

Calidad de la TMC



cuanto a la calidad de la tejas arrojan un 75% de las personas la consideran una buena teja, a pesar de la misma haber sido producida en la localidad de Sagua.

Gráfico 2.11. Calidad de la TMC.

Confort y Satisfacción

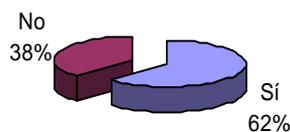


Gráfico 2.12. Confort y Satisfacción

Las personas de esta localidad, a pesar de haber sufrido los vientos muy fuertes de Michelle directamente, manifiestan un 62 % satisfacción con la implementación de dicha solución de techo al estar

de acuerdo con lo antes planteado.

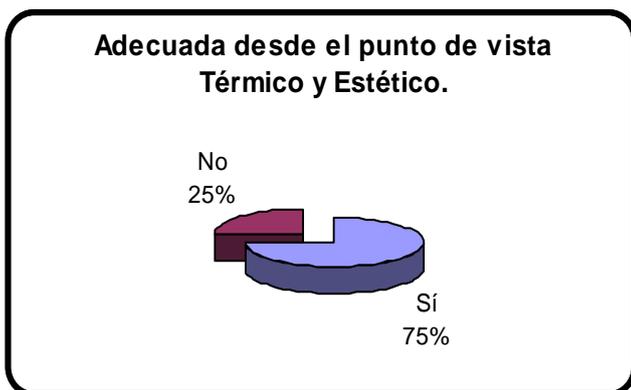
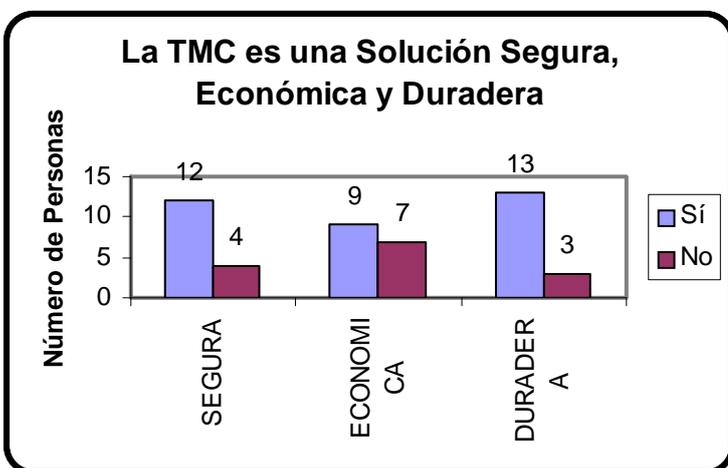


Gráfico 2.13. Adecuada desde punto de vista Térmico y Estético.

Respecto a este aspecto los criterios de las personas son coincidentes con la anterior localidad al expresar un 75% de aprobación como una solución confortable térmica y estéticamente.

Solamente en el aspecto económico existió paridad en los criterios, es decir,



muestra.

Gráfico 2.14. TMC solución Segura, Económica y Duradera.

un 56% estuvo de acuerdo contra un restante 44% planteó lo contrario. En relación con la seguridad y la durabilidad resulta significativo el grafico que arroja valores positivos superiores al 80% de la



Gráfico 2.15. Problemas con su cubierta y realización del posterior mantenimiento.

Un 62% de las personas ha presentado algún problema con su cubierta mientras que solamente un 37% planteaba lo contrario, por lo que a

semejanza de la localidad de Sagua los problemas confrontados están asociados a una deficiente ejecución más que a fenómenos o procesos en el tiempo.



Gráfico 2.16. Adecuada fijación de la tejas.

Respecto a este aspecto relativo a la fijación de la teja, los criterios estuvieron más parejos, un 56% manifiestan que las tejas no se corren mientras que un 44% restante planteó lo contrario, pudiendo estar muy relacionado

con el método de fijación empleado de la viga-correa.

Resulta categórica la respuesta a la interrogante acerca de la resistencia y comportamiento de la TMC ante los huracanes, donde el 100% de las casas han soportado el paso de huracanes tan fuerte como el Michelle, el Denis, entre otros.



Gráfico 2.17. Acciones de mantenimiento en su cubierta.

Por lógica este municipio azotado todos los años por ciclones tropicales, un 62% de las personas a las

cuales se les aplicó la encuesta afirmó que han tenido que realizar acciones importantes de mantenimiento en su cubierta y solamente el restante 38% alegó lo contrario.



La TMC es una solución de techo satisfactoria y confortable con relación a la teja de fibrocemento o las láminas metálicas de zinc galvanizado.

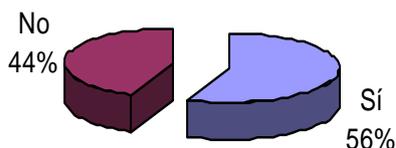


Gráfico 2.18. La TMC solución de techo satisfactoria y confortable.

Un 56% de los usuarios consideran que la TMC es una solución de techo satisfactoria y confortable con relación a otras soluciones como la teja de fibrocemento o las láminas metálicas de zinc galvanizado, y el 44% restante alegó lo

contrario.

2.5.2. Quemado de Güines.

En el municipio de Quemado de Güines se aplicó un total de 15 encuestas obteniéndose los siguientes resultados:

Calidad de la TMC

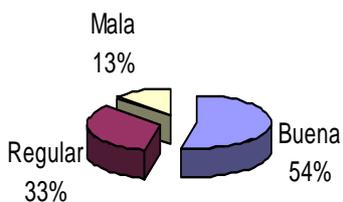


Gráfico 2.19. Calidad de la TMC.

En esta localidad el 54% alegó que las tejas eran de buena calidad, el 33% planteó que era regular mientras que solamente el 13% afirmó que era mala.

Confort y Satisfacción

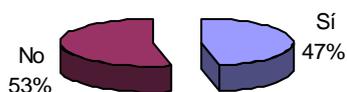


Gráfico 2.20. Confort y Satisfacción.

Sobre esto un 53% de las personas sí siente confort y satisfacción con su cubierta de TMC, mientras que el resto afirma lo contrario.



Gráfico 2.21. Adecuada desde el punto de vista Térmico y Estético.

Respecto a este aspecto los criterios de las personas fueron casi iguales, solamente un 25% no estuvo de acuerdo con esta pregunta y el 75% restante afirmó

lo contrario.

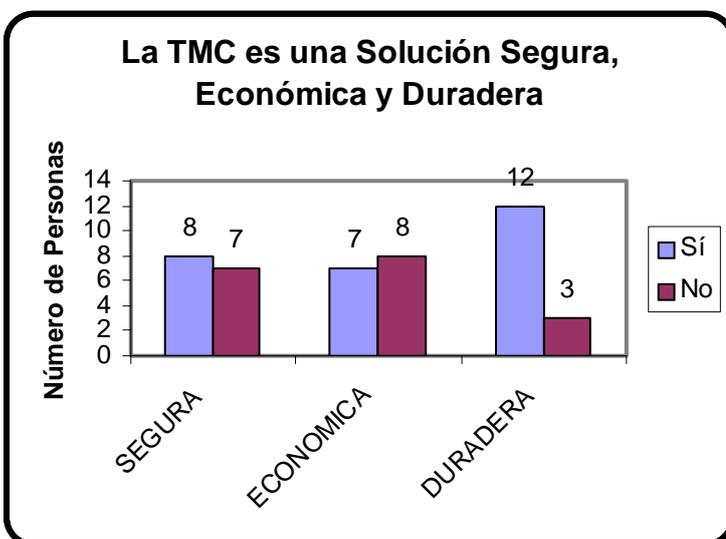


Gráfico 2.22. La TMC es una Solución Segura, Económica y Duradera.

Los criterios de personas fueron bastante parejos en cuanto a lo económico y la seguridad. Un 53% alegó que la cubierta de TMC es segura y el 47%

restante no está de acuerdo, en el aspecto económico ocurrió lo contrario, y solamente en la durabilidad hubo similitud en los criterios de las personas, solamente un 20% afirmó que un techo de TMC no era duradero y el resto alegó que sí era duradero.



Gráfico 2.23. Problemas con su cubierta de TMC y la realización de su posterior mantenimiento.

El 100% de las personas, es decir la totalidad de las viviendas encuestadas no ha tenido problemas con su cubierta de TMC, lo cual parece una



respuesta falseada al no interpretar el usuario la finalidad de su respuesta, al tener varias cuestiones en la vivienda que requirieron al menos simples ajustes y reparaciones.



Gráfico 2.24. Adecuada fijación de las tejas.

Respecto a esto, los criterios estuvieron a favor, existiendo un 60% que afirman que las tejas logran una adecuada fijación mientras que un 40% restante planteó lo contrario.

La pregunta relacionada con los huracanes, el 100% de las casas han soportado el paso de huracanes tan fuerte como el Michelle, el Denis, incluso, existen dos viviendas de TMC con 14 años de duración, la primera ubicada en 9na Ave. Sur #5, y la segunda en Ave. 12B Sur e/4ta Este y 6ta Este, estas viviendas han soportado el paso de huracanes como el Lili (1994), George (1998), Michelle (2001) y de otros hasta la actualidad.



Gráfico 2.25. Ha realizado acciones importantes de mantenimiento en su cubierta.

En esta localidad, solamente el 13% ha tenido que realizar acciones importantes de mantenimiento en su cubierta y el resto no ha presentado esta dificultad, lo que resulta

provechoso, debido a que los mantenimientos pueden ser espaciados en un mayor tiempo.



La TMC es una solución de techo satisfactoria y confortable con relación a la teja de fibrocemento o las láminas metálicas de zinc galvanizado.

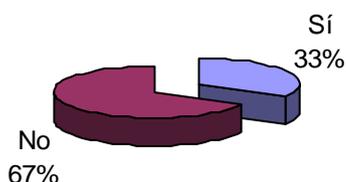


Gráfico 2.26. La TMC solución de techo satisfactoria y confortable.

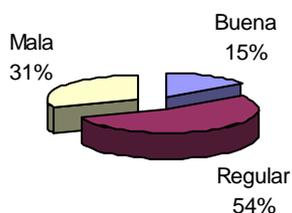
Un 67% de los usuarios planteó que la TMC es una solución de techo satisfactoria y confortable con relación

a otras soluciones como la teja de fibrocemento o las láminas metálicas de zinc galvanizado, y el 33% restante alegó lo contrario.

2.5.3. Panchito Gómez Toro.

En esta localidad se aplicó un total de 13 encuestas y los resultados analizados en esta localidad arrojan como el 54% de la población encuestada

Calidad de la TMC



planteó que las tejas eran regulares, un 31% de mala calidad, mientras que solamente el 15% afirmó que eran buenas

Gráfico 2.27. Calidad de la TMC.

Confort y Satisfacción

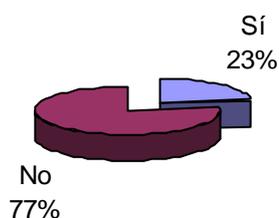


Gráfico 2.28. Confort y Satisfacción.

Sobre esto el 23% de las personas está de acuerdo con lo planteado anteriormente y el resto alega lo contrario.

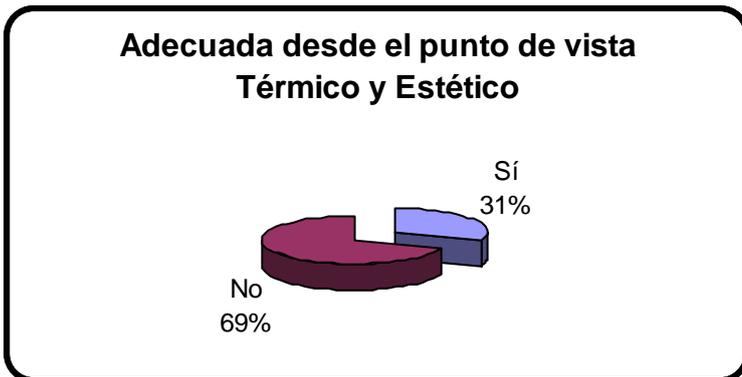


Gráfico 2.29. Adecuada desde el punto de vista Térmico y Estético.

Solamente un 31% está de acuerdo con lo planteado relativo a la estética y el comportamiento

térmico de una edificación, por su parte el 69% restante afirma lo contrario.

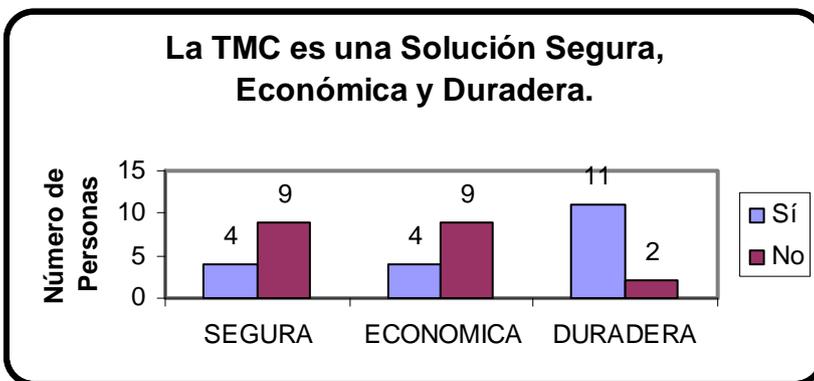


Gráfico 2.30. La TMC es una solución Segura, Económica y Duradera.

Los criterios de personas fueron

similares en cuanto a lo económico, la seguridad. Solamente un 31% alegó que la cubierta de TMC es segura y el 47% restante no estuvo de acuerdo con esto, en el aspecto económico ocurrió lo mismo, y solamente en la durabilidad hubo similitud en los criterios de las personas, solamente un 16% afirmó que un techo de TMC no era duradero y el resto alegó que sí era duradero.



Gráfico 2.31. Problemas con su cubierta de TMC y la realización de su posterior mantenimiento.

Solamente el 8% de las personas a las cuales se les aplicó la encuesta ha tenido problemas con su cubierta de TMC mientras que el restante

92% planteó lo contrario.



Adecuada fijación de las tejas.

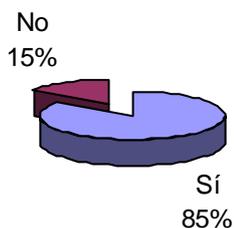


Gráfico 2.32.

Adecuada fijación de las tejas.

Apenas un 15% alegó que las tejas no presentaban una adecuada fijación

mientras que el resto afirmó lo contrario.

La pregunta relacionada con los huracanes, en esta localidad existen dos viviendas con techos de 14 años de vida, los mismos han soportado el paso de huracanes tan fuertes como el Lili, el George, el Michelle, el Denis, entre otros. Las demás casas con cubierta de TMC también han soportado el paso de diferentes huracanes y no han sufrido daño severo alguno.

Ha realizado acciones importantes de mantenimiento en su cubierta.

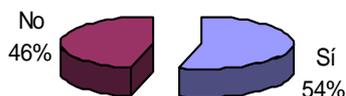


Gráfico 2.33. Ha realizado acciones importantes de mantenimiento en su cubierta.

En esta localidad, el 54% ha realizado acciones importantes de mantenimiento, a diferencia del 46% restante que no ha tenido que realizar esto.

La TMC es una solución de techo satisfactoria y confortable con relación a la teja de fibrocemento o las láminas metálicas de zinc galvanizado.

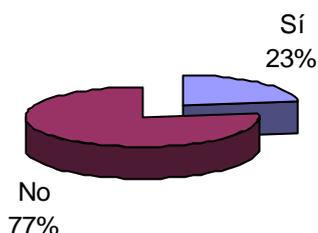


Gráfico 2.34. La TMC solución de techo satisfactoria y confortable

Un 77% de los usuarios planteó que la TMC no es una solución de techo satisfactoria y confortable con relación



a otras soluciones como la teja de fibrocemento o las láminas metálicas de zinc galvanizado, mientras que solamente el 33% restante alegó lo contrario.

2.6. Evaluación de los costos y precios de venta a escala local.

El cemento se compra en la Comercializadora Escambray, de Santa Clara o directamente en la Fábrica Siguaney, Sancti Spíritus, mientras la arena artificial se adquiere del Molino de Piedras de El Purio. A continuación se muestra una ficha de costo de la TMC:

Tabla 2.6. Ficha de costo de la Teja de Microconcreto.³

| Materias y recursos | UM | Teja TMC | |
|--------------------------------------|----------------|-----------|-------------|
| | | Cantidad. | Costo |
| A. artificial | m ³ | 0.0145 | 0.02 |
| Cemento P 350 | kg. | 0.7 | 0.08 |
| Subtotal Gasto de materiales | | | 0.10 |
| Subtotal Gasto de salario | | | 0.17 |
| Subtotal de Gastos indirectos | | | 0.08 |
| Subtotal de costo | | | 0.35 |
| Ganancia | | | 0.06 |
| Total de venta | | | 0.41 |

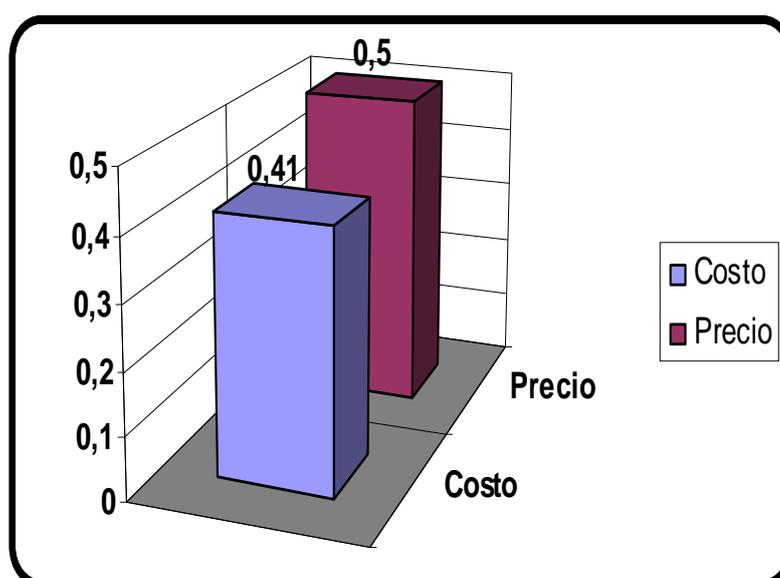


Gráfico 2.35. Costo de Producción y Precio de venta de la TMC.

Como se puede apreciar se gesta una ganancia de 0.09 pesos por teja producida. En un día normal de producción o sea, produciendo solo

media jornada, estos son los valores que se alcanzarían:

³ Fuente: EMSSV de Quemado de Güines.



Tabla 2.7. Ganancias por día de producción.

| Materiales. | Producción diaria | Precios unitarios | | Precios por día. | | Pérdidas y ganancias |
|-------------|-------------------|-------------------|-------|------------------|--------|----------------------|
| | | Costos | Venta | Costos. | Venta. | |
| Teja TMC | 150 | 0.41 | 0.50 | 61.5 | 75 | 13.5 |

2.7. Conclusiones parciales.

1. Existen diferencias marcadas de criterios en la aceptación por la población de la TMC, que pueden estar acordes a cada localidad, desempeño del taller, mayor o menor calidad y rigor de fabricación de la teja y su posterior colocación,
2. La diseminación de la TMC adolece de serios problemas de calidad en su obtención que repercute en el grado de aceptación por la población de un lugar dado a diferencia de las tecnologías de la gran industria.
3. Se debe evaluar con mayor amplitud los elementos que inciden en la necesaria reparación de las viviendas entre los tres a cinco primeros años de vida.
4. El costo de producción de la TMC es de 0.41 pesos y es vendida a la población a un precio de 0.50 pesos, lo cual genera una ganancia de 0.09 pesos por teja producida.
5. No existe una clara política en mejorar las condiciones de abastecimiento de áridos finos para lograr producciones de la teja con calidad, dando lugar a la baja eficiencia productiva del taller



3.0 Generalidades.

En el presente capítulo se hace un análisis del empleo de la solución de cubierta de TMC en los municipios de Sagua la Grande y Quemado de Güines, así como un diagnóstico de las viviendas con este tipo de cubierta en las localidades mencionadas. Además se realiza un estudio de las encuestas aplicadas a dirigentes y personal que labora en entidades como la UMIV, vivienda, talleres locales de los municipios antes mencionados, para conocer el interés y el grado de satisfacción de estas personas en la implementación a escala territorial de la TMC. Posteriormente se realiza un análisis de los costos de la cubierta de TMC, incluyendo estructura soportante y fabricación a escala local. Para poder desarrollar este capítulo fue necesario obtener información de fuentes como:

- 1) Unidad Inversionista de la Vivienda (UMIV).
- 2) Entidad de Microbrigadas Sociales y Servicios a la Vivienda (EMSSV).
- 3) Entrevistas a diferentes especialistas de diversas ramas.

3.1. Empleo de la Solución de Cubierta de TMC. Diagnóstico de viviendas con cubierta de TMC en Sagua la Grande y Quemado de Güines.

3.1.1 Sagua la Grande.

En este municipio se ha empleado esta solución de techo en respuesta a las afectaciones que ha sufrido esta localidad debido a los diferentes huracanes que por ella han transitado, especialmente en el asentamiento de Isabela de Sagua, lugar donde se visitaron un total de 16 viviendas con cubierta de TMC. En estos dos lugares se realizó un diagnóstico de las viviendas con techo de Tejas de Microconcreto, a continuación se presenta una tabla resumen donde se refleja Dirección Particular, Fecha de Fabricación del techo, Área de TMC y Estado actual de la vivienda.

Capítulo 3. Problemáticas del empleo de la Cubierta ligera de TMC en la zona norte de Villa Clara.



Tabla 3.1. Viviendas con cubierta de TMC en Sagua la Grande.

| No | Dirección Particular | Area Techada con TMC (m²) | Fecha de Fabricación | Estado actual de la vivienda. |
|-----------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| 1 | Carrillo 121 A | 28 | Octubre del 2006 | Buena |
| 2 | Calle 29, Biplanta 4, Apto 5 | 87 | Mayo del 2000 | Buena |
| 3 | Calle 29, #11 | 90 | Febrero del 2000 | Buena |
| 4 | Calle 29A, e/20 y 22, Biplanta 86 # 11 | 90 | Julio del 2000 | Buena |
| 5 | Calle 29A, e/20 y 22, Biplanta 86 # 28 | 90 | Diciembre del 2000 | Buena |
| 6 | Calle 29A, e/20 y 22, Biplanta 2 # 8 | 90 | Febrero del 2000 | Buena |
| 7 | Calle 29A, e/20 y 22, # 7 | 90 | Febrero del 2000 | Buena |
| 8 | Luz Caballero #41 | 76 | Febrero del 2008 | Buena |
| 9 | Calle 29A, e/20 y 22, # 3 | 90 | Febrero del 2000 | Buena |
| 10 | Calle 29, e/20 y 22, Biplanta 93 # 35 | 64 | Marzo del 2000 | Buena |
| 11 | Martha Abreu #5 | 40 | Septiembre del 2000 | Buena |
| 12 | Calzada de Backer, e/10 de Octubre e Igualdad #129 | 98 | Diciembre del 2001 | Buena |
| 13 | Luz Caballero #61 | 70 | Abril del 2007 | Buena |



3.1.2. Isabela de Sagua.

Tabla 3.2. Viviendas con cubierta de TMC en Isabela de Sagua.

| No | Dirección Particular | Area Techada con TMC (m²) | Fecha de Fabricación | Estado actual de la vivienda. |
|-----------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| 1 | 9na Ave. e/Bartolomé Mazó y Dependencia #711 | 70 | Julio de 1999 | Buena |
| 2 | Marina 1009 | 24 | Septiembre del 2000 | Buena |
| 3 | Salvador Cisnero e/13 y 14 Ave. #3615 | 40 | Junio del 2002 | Regular |
| 4 | Salvador Cisnero e/13 y 14 Ave. #3617 | 45 | Abril del 2002 | Buena |
| 5 | 14 Ave. 905 | 45 | Junio de 1998 | Buena |
| 6 | 14 Ave. 1309 | 100 | Octubre de 1998 | Regular |
| 7 | Salvador Cisnero e/10 y 11 Ave. #3015 | 45 | Septiembre de 1998 | Regular |
| 8 | Restaurante "La Isabelita" | 35 | Abril del 2005 | Buena |
| 9 | 14 Ave. #1329 | 50 | Febrero de 1999 | Buena |
| 10 | 14 Ave. e/Jesús y Sánchez #1305 | 45 | Noviembre del 2000 | Regular |
| 11 | Salvador Cisnero e/12 y 13 Ave. #3428 | 75 | Abril del 2002 | Regular |
| 12 | Bartolomé Mazó e/12 y 13 Ave. #3418 | 75 | Mayo del 2002 | Regular |
| 13 | Bartolomé Mazó e/13 y 14 Ave. #3624 | 75 | Agosto del 2000 | Regular |
| 14 | Bartolomé Mazó e/13 y 14 Ave. #3626 | 50 | Julio del 2003 | Regular |
| 15 | Bartolomé Mazó e/13 y 14 Ave. #3628 | 30 | Abril del 2000 | Buena |
| 16 | Bartolomé Mazó e/13 y 14 Ave. #3624A | 51 | Septiembre del 2003 | Regular |



3.1.3. Quemado de Güines

De los dos municipios precisamente este es el que posee viviendas con cubierta de TMC más antigua. En esta localidad existen techos de Tejas de Microconcreto con 14 años de vida, este techo ha soportado ciclones tan devastadores como el Lily, huracanes tan fuertes como el Michelle que tanto daño causó en la región central del país. En la localidad de Panchito sucede lo mismo, en este lugar solamente existen dos techos de TMC fabricados del 2000 al 2005 los demás fueron construidos en el período de 1994-1999.

Tabla 3.3. Viviendas con cubierta de TMC en Quemado de Güines.

| No | Dirección Particular | Área Techada con TMC (m²) | Fecha de Fabricación | Estado actual de la vivienda. |
|-----------|------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| 1 | 9na Ave. Sur #5 | 110 | Marzo de 1994 | Regular |
| 2 | Finca "Pedro Salas" | 60 | Noviembre de 1999 | Buena |
| 3 | 9na Ave. Norte #20A | 15 | Abril de 1998 | Buena |
| 4 | 4ta Ave. Oeste #53A | 82 | Junio del 2000 | Buena |
| 5 | 4ta Ave. Sur #3 | 50 | Marzo del 2005 | Regular |
| 6 | 2da Este e/10ma y 12A Ave. Sur #72 | 75 | Diciembre del 2004 | Buena |
| 7 | Ave. 12B Sur e/4ta Este y 6ta Este | 100 | Febrero de 1994 | Regular |
| 8 | 12 Ave. Sur #18 | 70 | Marzo del 2005 | Buena |
| 9 | Calle 12B Ave. Sur e/8va Este #25 | 95 | Febrero de 1998 | Buena |
| 10 | 10ma Este e/12A y 12B Ave. Sur #39 | 70 | Diciembre del 2005 | Buena |
| 11 | 10ma Este e/12A y 12B Ave. Sur #35 | 75 | Noviembre de 2005 | Regular |
| 12 | 10ma Este e/12A y 12B Ave. Sur #54 | 70 | Octubre de 1997 | Buena |
| 13 | 10ma Este e/12A y 12B Ave. Sur #41 | 80 | Diciembre de 1998 | Buena |
| 14 | 10ma Ave. Sur #13 | 75 | Mayo del 2002 | Buena |
| 15 | 8va Este #34 | 65 | Marzo de 1998 | Regular |



3.1.4. Panchito Gómez Toro.

Tabla 3.4. Viviendas con cubierta de TMC en Panchito.

| No | Dirección Particular | Área Techada con TMC (m²) | Fecha de Fabricación | Estado actual de la vivienda. |
|-----------|-----------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| 1 | Reparto 26 de Julio #40 | 80 | Octubre de 1999 | Regular |
| 2 | Reparto 26 de Julio #43 | 80 | Mayo del 2000 | Buena |
| 3 | Reparto 26 de Julio #44 | 90 | Octubre de 1998 | Buena |
| 4 | Reparto 26 de Julio #58 | 85 | Junio de 1998 | Buena |
| 5 | #105A base de camiones | 80 | Enero de 1996 | Regular |
| 6 | Reparto 26 de julio #54 | 20 | Abril del 2005 | Buena |
| 7 | Reparto 26 de julio #50 | 65 | Mayo de 1998 | Regular |
| 8 | #205 | 70 | Mayo de 1996 | Regular |
| 9 | Calle 16 #225 | 75 | Marzo del 2002 | Buena |
| 10 | CPA "Jorge Dimito" #19 | 73 | Septiembre de 1998 | Regular |
| 11 | CAI "Panchito Gómez Toro" | 22 | Abril del 2005 | Buena |
| 12 | La Loma #24 | 70 | Agosto de 1994 | Regular |
| 13 | La Loma #22 | 70 | Agosto de 1994 | Regular |



3.2. Características y comportamiento de la Teja de Microconcreto en la cubierta. Estado técnico en las viviendas unifamiliares en los municipios estudiados.

3.2.1. Características Generales de la TMC:

Tabla 3.5. Características Generales.¹

| | |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Propiedades especiales | Producción con materiales parcialmente locales |
| Aspectos económicos | Bajo costo y excelente relación calidad-precio |
| Estabilidad | Buena, si se fabrican y montan bien |
| Habilidades requerida | Baja especialización aunque ejecución cuidadosa |
| Equipamiento requerido | Mesa vibradora y moldes |
| Resistencia a terremotos | Satisfactoria |
| Resistencia a huracanes | Satisfactoria |
| Resistencia a la lluvia | Buena |
| Adaptabilidad ambiental | Útil en cualquier clima. Buen comportamiento acústico y térmico |
| Estado de desarrollo | Tecnología desarrollada en proceso de difusión internacional |

¹ Jorge Acevedo y Col (1993) Tecnología de Cubiertas Ligeras Manual de Uso, CECAT, La Habana, Cuba, 36p



3.2.2. Características Técnicas de la TMC:

Tabla 3.6. Características Técnicas.²

| Producto | Teja de 8 mm | Teja de 10 mm |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------|
| Unidades/m² | 12.5 u | 12.5 u |
| Dimensión neta (mm) | 500 x 250 | 500 x 250 |
| Dimensión útil | 400 x 200 | 400 x 200 |
| Peso (Kg) aprox. Unidad | 2.5 | 3.00 |
| Peso (Kg) aprox. m² | 31.2 | 37.5 |
| Conductividad Térmica | 0.5 watt/m °C | 0.5 watt/m °C |
| Durabilidad | Hay techos en buen estado con más de 20 años | |
| Resistencia a Flexión | Más de 60 Kg | Más de 80 Kg |
| Resistencia a Impacto Aprox., con esfera de 220g | Caída libre de una altura de 300 mm | Caída libre de una altura de 400 mm |
| Rendimiento cemento, Aprox. / bolsa de 50Kg. | 80 u | 64 u |
| Rendimiento cemento Aprox. / bolsa de 42.5Kg | 68 u | 54 u |
| Producción de tejas: Hombre / Día | 100 a 200 | 100 a 200 |
| Pendiente mínima recomendable | 30% | 30% |

² 1. Martín Meléndez, O.E., Kurt Rhyner, Marcelo Noboa., *Un techo que cubre al mundo: la Teja de Microconcreto.* . 2004: p. 8.



3.2.3. Comportamiento de la TMC en la cubierta:³

1) Comportamiento Físico.

Comportamiento acústico y térmico superior al de las planchas metálicas o de asbesto cemento.

2) Comportamiento Climático.

Ha demostrado en la práctica su adaptabilidad a los diferentes climas y a diversidad de fenómenos naturales. Se está utilizando en lugares a más de 4200 m sobre el nivel del mar, con buenos resultados para mantener del calor dentro de las viviendas, y también en el área del Caribe donde se necesita fresco en el interior. En dicha área ha soportado el paso de huracanes de gran intensidad tales como Gilbert, Lily, George, Match, Michelle y otros.

3.2.4. Estado Técnico de la TMC en las viviendas unifamiliares de los municipios estudiados.

Sagua la Grande e Isabela de Sagua.

En estas localidades, como ya se había mencionado antes, se aplicó una encuesta a personas que presentan como solución de techo en su vivienda, la Teja de Microconcreto, en dicha encuesta se analizó la pregunta referente a la calidad de la TMC, es decir, el estado técnico que presenta la misma en el momento de realizada la visita y aplicada la encuesta. De la misma se obtuvo el siguiente resultado:

Tabla 3.7. Resumen del estado técnico de la TMC.

| Total de Encuestas aplicadas. | Estado Técnico de la teja. | | |
|-------------------------------|----------------------------|---------|------|
| | Bueno | Regular | Malo |
| 29 | 17 | 7 | 5 |

³ Martín Meléndez, O.E., Kurt Rhyner, Marcelo Noboa., *Un techo que cubre al mundo: la Teja de Microconcreto*. 2004: p. 12.

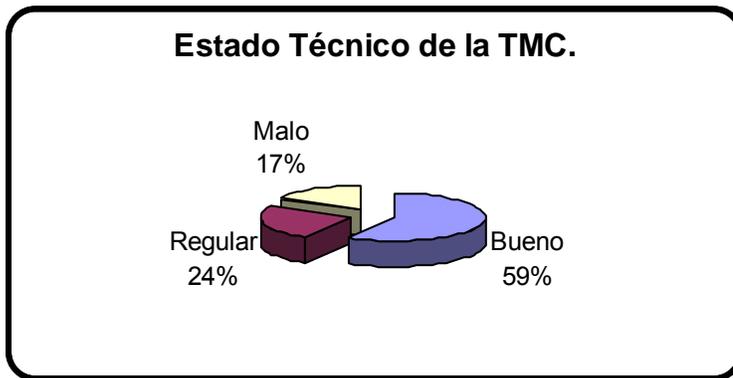
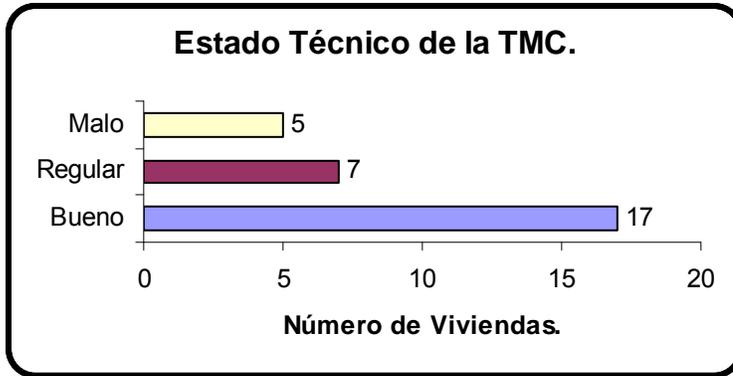


Gráfico 3.1 y 3.2. Estado Técnico de la TMC en viviendas de Sagua la Grande e Isabela de Sagua

Quemado de Güines y Panchito Gómez Toro.

En estas localidades se llevó a cabo el mismo proceso, obteniéndose los resultados siguientes:

Tabla 3.8. Resumen del estado técnico de la TMC.

| Total de Encuestas aplicadas. | Estado Técnico de la teja. | | |
|-------------------------------|----------------------------|---------|------|
| | Bueno | Regular | Malo |
| 26 | 10 | 10 | 6 |

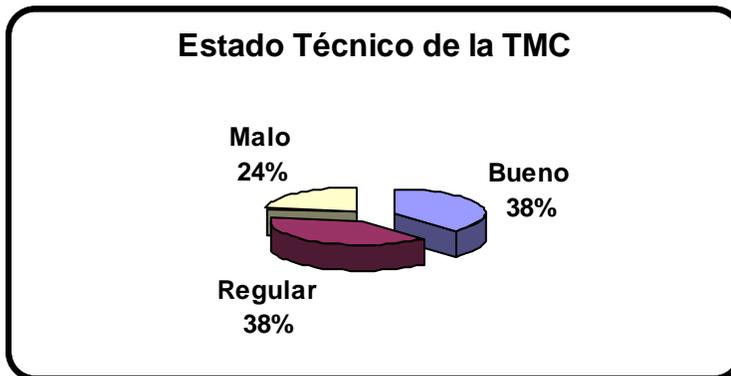
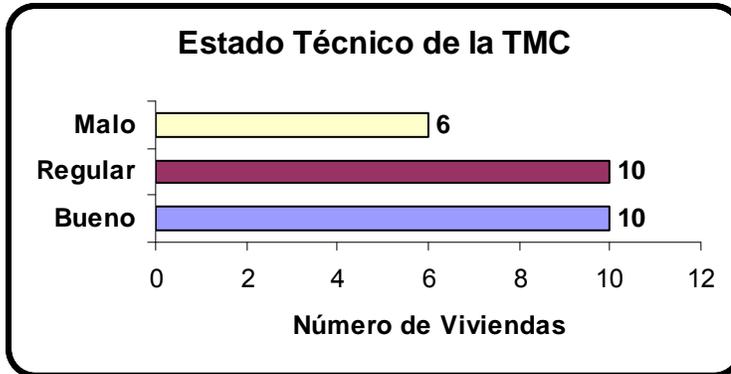


Gráfico 3.3 y 3.4. Estado Técnico de la TMC en viviendas de Quemado de Güines y Panchito Gómez Toro.

3.3. Interés y Grado de satisfacción del constructor-UMIV en su implementación a escala territorial.

Para conocer el grado de satisfacción del constructor-UMIV en su implementación a escala territorial fue necesario aplicar una encuesta a personas que laboran en entidades como la UMIV, vivienda, talleres locales de Sagua la Grande y Quemado de Güines. Se aplicaron un total de 24 encuestas, 10 y 14 respectivamente.

Los resultados de las encuestas aplicadas en Sagua la Grande fueron graficados y posteriormente analizados. A continuación se muestra los gráficos obtenidos:

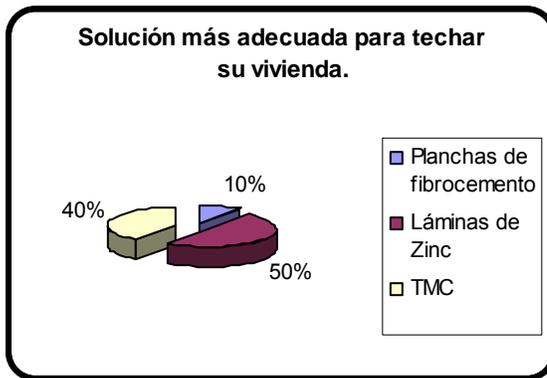


Gráfico 3.5. Solución más adecuada para techar su vivienda.

En esta localidad, los dirigentes y personalidades prefieren en un primer lugar las láminas de zinc, en un segundo plano colocan a la TMC y en tercer lugar las planchas de fibrocemento, es decir, un 40% de los

mismos ven a la teja de microconcreto como la solución más adecuada para techar su vivienda.

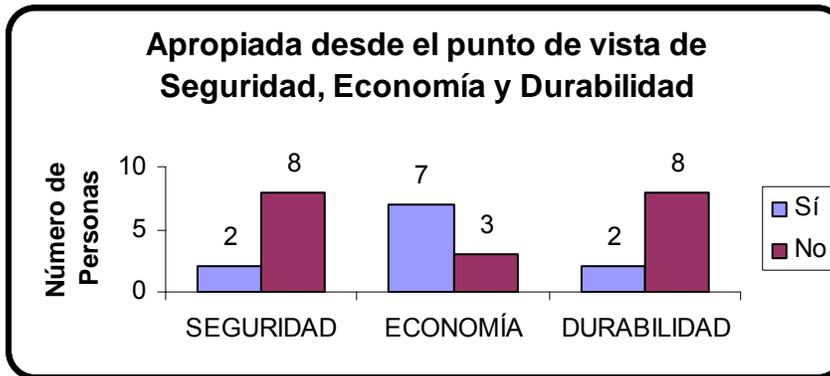


Gráfico 3.6. Apropiada desde el punto de vista de Seguridad, Economía y Durabilidad.

Estos aspectos son los principales a tener en cuenta a la hora de escoger una solución de techo para su vivienda. Respecto a esto, y según las personas a las cuales se les aplicó dicha encuesta, abordan que la TMC solamente es apropiada desde el punto de vista económico, en los otros dos restantes aspectos los criterios fueron similares, un 80% alega que la teja nos es segura ni durable mientras que el resto afirma lo contrario.



Gráfico 3.7. Las láminas de zinc pudieran eliminar el empleo de la TMC en nuestro país.



Con relación a esto, un 80% de los usuarios estuvo de acuerdo con lo planteado, mientras que solamente el 20% afirmó lo contrario.

La TMC compite con las restantes soluciones implementadas en nuestro país.

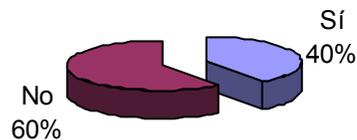


Gráfico 3.8. La TMC compite con las restantes soluciones de cubiertas implementadas en nuestro país.

Un 60% de las personas a las cuales se les aplicó la encuesta alegó que la TMC si compite con las

restantes soluciones, mientras que el 40% restante planteó lo contrario.

Aceptación de la TMC en la población.

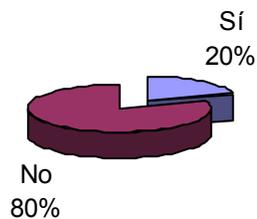


Gráfico 3.9. Aceptación de la TMC en la población.

Este es un aspecto a tener en cuenta cuando se lanza un producto al mercado porque si la población o el usuario que lo adquiere no están

conformes con la calidad del mismo, o sencillamente no lo acepta, la demanda entonces decrece y por consiguiente la venta disminuye y por tanto hay pérdidas en el negocio. En relación a esto, un 80% de las personas a las cuales se les aplicó la encuesta plantea que la TMC no es aceptada en la población, mientras que solamente el 20% afirma lo contrario.

La TMC es una solución confortable con relación a la Teja de Fibrocemento o las Láminas metálicas de Zinc.

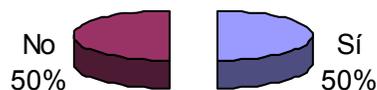


Gráfico 3.10. La TMC es una solución confortable con relación a la Teja de Fibrocemento o las Láminas metálicas de Zinc.



Un 50% plantea que sí debido a:

- ✚ Es confortable, económica y duradera.
- ✚ Son duraderas y de buena calidad.

El 50% restante alega que no debido ha:

- ✚ No son confortables.
- ✚ No son resistentes, no son duraderas.
- ✚ No tiene buena calidad.

Los resultados de las encuestas aplicadas en Quemado de Güines igualmente fueron graficados y posteriormente analizados. A continuación se muestra los gráficos que se obtuvieron:



Gráfico 3.11. Solución más adecuada para techar su vivienda.

En el municipio de Quemado de Güines los dirigentes y personas a las cuales se les aplicó la encuesta prefieren, por

lo general, la láminas de zinc para techar su vivienda, solamente el 7% escogió las planchas de fibrocemento y ninguno se inclinó por la TMC.

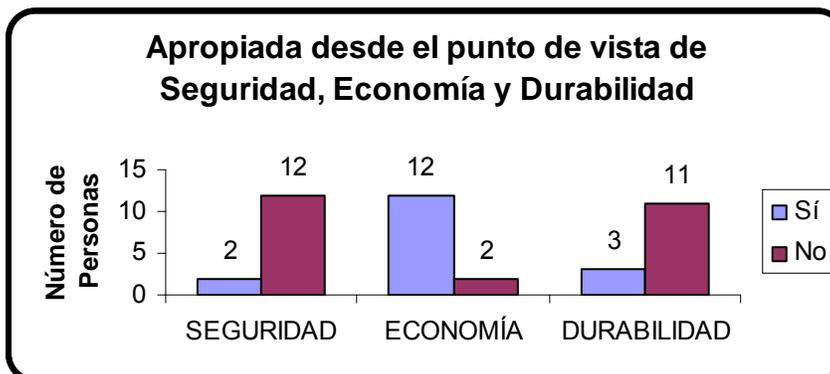


Gráfico 3.12. Apropiada desde el punto de vista de Seguridad, Economía y Durabilidad.

Como ya se había mencionado anteriormente estos aspectos son los principales a tener en cuenta a la hora de escoger una solución de techo para su vivienda. Respecto a esto, y según las personas a las cuales se les aplicó dicha encuesta, abordan que la



TMC solamente es apropiada desde el punto de vista económico, en los otros dos restantes aspectos, un 86% afirma que la TMC no es adecuada desde el punto de vista de la Seguridad y el 79% alega que la teja no es apropiada desde el punto de vista de la Durabilidad.

Las Láminas de Zinc pudieran eliminar el empleo de la TMC en nuestro país.

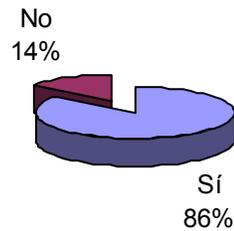


Gráfico 3.13. Las láminas de zinc pudieran eliminar el empleo de la TMC en nuestro país.

Con relación a esto, un 86% de los usuarios estuvo de acuerdo con lo planteado, mientras que solamente el 14% afirmó

lo contrario.

La TMC compite con las restantes soluciones implementadas en nuestro país.

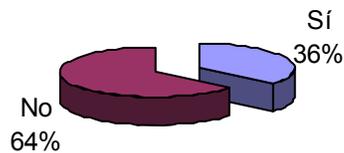


Gráfico 3.14. La TMC compite con las restantes soluciones de cubiertas implementadas en nuestro país.

Un 64% de las personas a las cuales se les aplicó la encuesta alegó la TMC si compite con las

restantes soluciones, mientras que el 36% restante planteó lo contrario.

Aceptación de la TMC en la población.

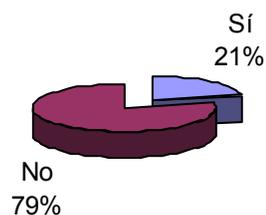


Gráfico 3.15. Aceptación de la TMC en la población.

Como ya se había mencionado antes, este es un aspecto a



tener en cuenta cuando se lanza un producto al mercado porque si la población o el usuario que lo adquiere no están conforme con la calidad del mismo, o sencillamente no lo acepta, la demanda entonces decrece y por consiguiente la venta disminuye y por tanto hay pérdidas en el negocio. En relación a esto, un 79% de las personas a las cuales se les aplicó la encuesta plantea que la TMC no es aceptada en la población, mientras que solamente el 21% afirma lo contrario.

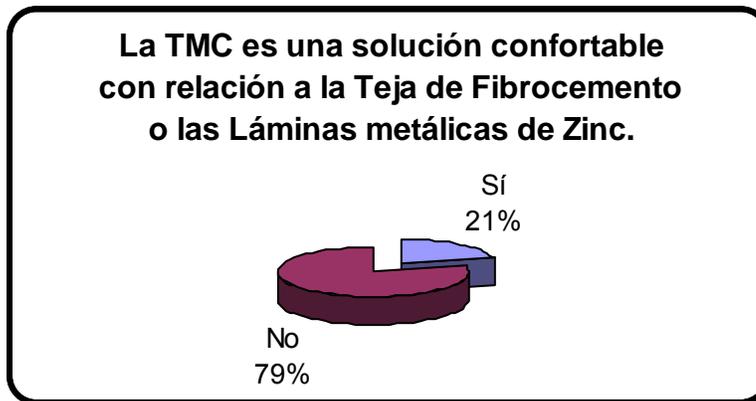


Gráfico 3.16. La TMC es una solución confortable con relación a la Teja de Fibrocemento o las Láminas metálicas de Zinc.

Un 21% plantea que sí debido a:

- ✚ Son más confortables, más duraderas y más segura que las demás soluciones.

El 50% restante alega que no debido ha:

- ✚ Las demás soluciones son más confortables para el país.
- ✚ No son confortables, no son duraderas, no son económicas.
- ✚ Las demás soluciones son más fáciles de colocar.
- ✚ No presentan la calidad requerida.

3.4. Evaluación de los Costos de la cubierta de TMC. (Estructura soportante y Fabricación a escala local)

Tomándose solamente en cuenta el costo de materiales (cemento, arena, granito, acero ALE Φ 3,2 mm. acero ordinario de Φ 12 mm y Φ 4 mm. Aditivo Químico y madera), a los precios actuales de venta, para un techo de Tejas de Microconcreto, en sus tres variantes, de madera, por el sistema SIPRET en



Hormigón Pretensado (HP) y Hormigón Armado (HA), para una vivienda de 70 m² se obtienen los siguientes valores:

Tabla 3.9. Costo de cubierta de TMC.⁴

| Solución | CUC/m ² | Costo por vivienda |
|-----------|--------------------|--------------------|
| Madera | 4,45 | 311.50 CUC |
| SIPRET HP | 2,98 | 208.60 CUC |
| SIPRET HA | 4.05 | 283.50 CUC |

El costo del techo con madera resulta ser 1,5 veces superior al costo de la solución de Hormigón Pretensado. Si se considera una producción de 24 viviendas por año, pueden obtenerse 12 viviendas más por el sistema SIPRET HP que por la solución de madera, además de ser este último un material deficitario en el país, de importación y ocasionar daños al ecosistema.

La solución Sipret en Hormigón Armado (SIPRET HA) se convierte en una alternativa para la producción de cubiertas con Teja de Microconcreto por encima de la madera pues resulta 0.4 CUC menos costosa.

3.5. Conclusiones Parciales.

1. En general existen en el municipio de Sagua la Grande la TMC se encuentra en un buen estado técnico.
2. En el municipio de Quemado de Guines se considera aceptable, debido en gran medida a la longevidad de la teja, existen techos con 14 años de vida.
3. La TMC posee un buen comportamiento térmico y acústico.
4. En el municipio de Sagua la Grande los dirigentes y personal de la UMIV, vivienda y talleres locales, prefieren las Láminas metálicas de zinc antes que tener que utilizar la TMC como solución de techo a implementar.

⁴ Fuente: Ficha Técnica del SIPRET.

Capítulo 3. Problemáticas del empleo de la Cubierta ligera de TMC en la zona norte de Villa Clara.



5. Lo mismo ocurre en el municipio de Quemado de Guines, con la diferencia de que en este lugar ninguno optó por la TMC como solución de cubierta a implementar en el territorio.
6. La solución de Hormigón Pretensado resulta ser 1.5 veces menos costosa que el techo con madera.



4.0. Generalidades.

En el presente capítulo se hace una evaluación del equipamiento y mano de obra calificada para la producción de TMC en Sagua la Grande y Quemado de Güines. Además se le realiza los ensayos de **Dimensión y Forma, Peso, Permeabilidad** y el **Ensayo de Flexión** a un primer lote de 13 tejas del taller de Sagua la Grande y un segundo lote, provenientes del mismo taller, de 19 tejas y a otra muestra de 18 tejas provenientes del taller de Quemado de Güines. Posteriormente se realiza una evaluación de la arena lavada, utilizada en la fabricación de TMC en los municipios antes mencionados. Para culminar se lleva a cabo un análisis de los costos de la cubierta de TMC en comparación a otras soluciones implementadas en la fabricación y reparación de cubiertas en las localidades citadas.

4.1. Evaluación del equipamiento y mano de obra calificada para la producción de TMC en Sagua la Grande y Quemado de Güines.

4.1.1. Taller de Ecomateriales de Sagua la Grande.

Para evaluar el equipamiento y mano de obra calificada para la producción de TMC en este taller se aplicó una Evaluación Cualitativa Elemental de Talleres. En la misma se tuvo en cuenta los moldes, la vibradora para evaluar el equipamiento del taller. En relación a los moldes se midieron los siguientes aspectos:

- ✚ Material del molde.
- ✚ Colocación uno encima de otro.
- ✚ Repetitividad del molde.
- ✚ Limpieza del molde.
- ✚ Marco de Madera.
- ✚ Limpieza del plástico.
- ✚ Espesor del plástico.

Para la vibradora se tuvo en cuenta los siguientes aspectos:

- ✚ Resistencia de la vibradora.
- ✚ Condiciones de operación
- ✚ Ruido vibradora.

Capítulo 4. Comportamiento de la Teja de Microconcreto en el norte de Villa Clara.



- ✚ Limpieza vibradora.
- ✚ Limpieza del marco.

Cada elemento tiene una puntuación máxima de 5 puntos. A continuación se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 4.1. Evaluación del equipamiento para la producción de TMC.

| Indicador | Valorización | Suma | Máx. Puntuación |
|----------------------------------|--------------|-----------|-----------------|
| B Moldes | | 23 | 35 |
| B1 Material del Molde | 3 | | |
| B2 Colocación uno encima de otro | 3 | | |
| B3 Repetitividad del molde | 2 | | |
| B4 Limpieza del molde | 3 | | |
| B5 Marco de madera | 5 | | |
| B6 Limpieza del plástico | 3 | | |
| B7 Espesor del plástico | 4 | | |
| C Vibradora | | 23 | 25 |
| C1 Resistencia Vibradora | 5 | | |
| C2 Condiciones de Operación | 4 | | |
| C3 Ruido Vibradora | 5 | | |
| C4 Limpieza Vibradora | 5 | | |
| C5 Limpieza del Marco | 4 | | |
| Total | | 46 | 60 |

Como resultado se obtuvo un total de 46 puntos de un máximo de 60 por lo cual se considera como bueno el equipamiento utilizado en la fabricación de la teja de Microconcreto. Sin embargo esto no sucede con la mano de obra calificada debido a que este taller solamente cuenta con un solo obrero sin ayudante encargado de la fabricación de las tejas, es decir, existe un déficit de mano de obra calificada para la producción de TMC.



4.1.2. Taller de Ecomateriales de Quemado de Güines.

En este taller se llevó a cabo la misma evaluación realizada al equipamiento y mano de obra calificada del Taller de Sagua la Grande. Se tuvieron en cuenta los mismos aspectos y se obtuvo el siguiente resultado:

Tabla 4.2. Evaluación del equipamiento para la producción de TMC.

| Indicador | Valorización | Suma | Máx. Puntuación |
|----------------------------------|---------------------|-------------|------------------------|
| B Moldes | | 25 | 35 |
| B1 Material del Molde | 4 | | |
| B2 Colocación uno encima de otro | 3 | | |
| B3 Repetitividad del molde | 3 | | |
| B4 Limpieza del molde | 3 | | |
| B5 Marco de madera | 5 | | |
| B6 Limpieza del plástico | 3 | | |
| B7 Espesor del plástico | 4 | | |
| C Vibradora | | 18 | 25 |
| C1 Resistencia Vibradora | 2 | | |
| C2 Condiciones de Operación | 2 | | |
| C3 Ruido Vibradora | 5 | | |
| C4 Limpieza Vibradora | 5 | | |
| C5 Limpieza del Marco | 4 | | |
| Total | | 43 | 60 |

En relación al equipamiento se obtuvo como resultado final una puntuación de 43 de un máximo de 60 y es considerado un equipamiento bueno para la producción de TMC. Por otro lado la mano de obra calificada es buena, es decir, este taller cuenta con dos obreros encargados de producir Tejas de Microconcreto.

4.2. Ensayos físico-mecánicos a tejas producidas en Sagua la Grande y Quemado de Güines.

4.2.1. Taller de Ecomateriales de Sagua la Grande.

Para la realización del Ensayo de Dimensión y Forma se utilizó una cinta métrica para medir el largo y el ancho, mientras que para el espesor se utilizó un pie de rey. A continuación se muestra un croquis de la teja donde se reflejan donde están ubicados los distintos puntos a medir.

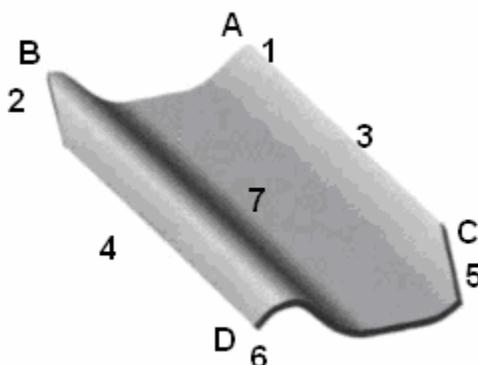


Figura 4.1. Croquis de la teja.

En la tabla que a continuación se presenta se exponen los resultados obtenidos del Ensayo de Dimensión y Forma realizado al lote de tejas provenientes del taller de Sagua la Grande.

Lote #1

Tabla 4.3. Resultados del Ensayo de Dimensión y Forma.

| No | Longitud (cm) | | Ancho(cm) | | | Espesor(mm) | | | | | | |
|----|---------------|------|-----------|-------|-------|-------------|----|----|----|----|----|----|
| | A-C | B-D | 1 a 2 | 3 a 4 | 5 a 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 50 | 51 | 20,5 | 25,5 | 21,7 | 10 | 10 | 11 | 9 | 12 | 8 | 8 |
| 2 | 50 | 50,5 | 21 | 25,5 | 22,3 | 10 | 11 | 11 | 9 | 11 | 9 | 8 |
| 3 | 49,8 | 50,5 | 20,5 | 25,5 | 22 | 11 | 11 | 10 | 10 | 11 | 9 | 10 |
| 4 | 49,7 | 51 | 20,5 | 25,5 | 21,7 | 10 | 11 | 10 | 10 | 9 | 8 | 9 |
| 5 | 49,7 | 50,5 | 20,5 | 25,5 | 22 | 10 | 10 | 10 | 10 | 9 | 9 | 8 |
| 6 | 50 | 50,5 | 20,7 | 25,7 | 22 | 10 | 11 | 9 | 10 | 11 | 10 | 9 |
| 7 | 50 | 50,8 | 20,5 | 25,7 | 22,2 | 11 | 10 | 10 | 8 | 9 | 9 | 9 |
| 8 | 50,5 | 51 | 20,7 | 25,7 | 22 | 9 | 10 | 9 | 10 | 9 | 9 | 9 |

Capítulo 4. Comportamiento de la Teja de Microconcreto en el norte de Villa Clara.



| | | | | | | | | | | | | |
|----------|------|------|------|------|-------|----|----|-----|----|-----|----|----|
| 9 | 50,2 | 50,5 | 21 | 25,5 | 22,2 | 10 | 9 | 10 | 8 | 10 | 8 | 9 |
| 10 | 50 | 51 | 20,5 | 25,7 | 22,2 | 9 | 10 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 11 | 50,2 | 51,1 | 20,7 | 25,6 | 22,3 | 8 | 12 | 8 | 10 | 9 | 9 | 10 |
| 12 | 50 | 51 | 20,5 | 25,7 | 22 | 11 | 10 | 11 | 11 | 12 | 12 | 8 |
| 13 | 49,9 | 50,7 | 20 | 25,5 | 21,7 | 10 | 11 | 9 | 8 | 9 | 8 | 9 |
| Promedio | 50 | 50,7 | 20,5 | 25,5 | 22,02 | 9 | 10 | 9,3 | 9 | 9,6 | 9 | 9 |

De lo anterior se obtiene que el espesor promedio de las tejas ensayadas es de aproximadamente 9.3 mm por lo cual se considera una teja de 10 mm de espesor debido a que el rango permisible para este tipo de teja se encuentra entre 9.5 y 10.5 mm. En relación a la longitud y el ancho las tolerancias permitidas son de:

- ± Longitud ±10 mm.
- ± Ancho ±5mm.
- ± Espesor ±0.5 mm.

Las tejas ensayadas cumplen con la longitud y el ancho, en cuanto al espesor en el centro de la teja no cumple debido al que el mismo es muy variable.

Para realizar el Ensayo de Peso se midió el mismo estando la teja seca y se apuntó, luego se sumergieron las tejas en una tina de agua por 24 horas, posteriormente se sacaron y se dejaron aproximadamente 30 minutos al aire, transcurrido este tiempo se volvió a medir el peso de las mismas y se apuntó para con esto hallar el % de absorción de cada teja. Para que la teja sea adecuada estima que tenga un % de absorción menor del 8%. En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 4.4. Resultados del Ensayo de Peso.

| No | Peso Seco(Kg) | Peso Saturado(Kg) | % de Absorción | Observación |
|----|---------------|-------------------|----------------|-------------|
| 1 | 2,755 | 2,938 | 6,64 | Sí cumple |
| 2 | 2,75 | 2,918 | 6,11 | Sí cumple |
| 3 | 2,76 | 2,928 | 6,10 | Sí cumple |
| 4 | 2,665 | 2,83 | 6,19 | Sí cumple |

Capítulo 4. Comportamiento de la Teja de Microconcreto en el norte de Villa Clara.



| | | | | |
|-----------------|-------|-------|------|-----------|
| 5 | 2,65 | 2,821 | 6,45 | Sí cumple |
| 6 | 2,663 | 2,829 | 6,23 | Sí cumple |
| 7 | 2,77 | 2,936 | 6,00 | Sí cumple |
| 8 | 2,66 | 2,833 | 6,50 | Sí cumple |
| 9 | 2,656 | 2,817 | 6,06 | Sí cumple |
| 10 | 2,505 | 2,669 | 6,55 | Sí cumple |
| 11 | 2,587 | 2,74 | 5,91 | Sí cumple |
| 12 | 2,9 | 3,081 | 6,24 | Sí cumple |
| 13 | 2,47 | 2,622 | 6,15 | Sí cumple |
| Promedio | 2,67 | 2,84 | 6,24 | |

Lote #2

Tabla 4.5. Resultados del Ensayo de Dimensión y Forma.

| No | Longitud (cm) | | Ancho(cm) | | | Espesor(mm) | | | | | | |
|----|---------------|------|-----------|-------|-------|-------------|-----|-----|------|---|------|---|
| | A-C | B-D | 1 a 2 | 3 a 4 | 5 a 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 50,2 | 49,7 | 20,5 | 25,7 | 21,8 | 7,5 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8,5 | 7 |
| 2 | 50,4 | 49,8 | 20,3 | 25,5 | 22 | 8,5 | 9 | 9 | 10 | 8 | 8,7 | 9 |
| 3 | 50,1 | 49,6 | 20,2 | 25,7 | 21,7 | 9,2 | 10 | 8 | 8,5 | 8 | 8,5 | 7 |
| 4 | 50,3 | 49,9 | 20,7 | 25,7 | 21,8 | 7,5 | 9,5 | 8 | 10 | 8 | 9,5 | 6 |
| 5 | 50,3 | 49,9 | 20,2 | 25,5 | 22 | 8,5 | 8 | 8 | 9 | 8 | 9,5 | 7 |
| 6 | 50,3 | 49,9 | 20,3 | 25,5 | 22 | 8,5 | 9 | 10 | 10,5 | 9 | 10 | 9 |
| 7 | 50,4 | 49,7 | 20,3 | 25,4 | 21,8 | 9,5 | 9,5 | 9,2 | 11 | 9 | 10 | 9 |
| 8 | 50,3 | 49,7 | 20,5 | 25,6 | 21,9 | 9 | 9 | 8 | 8 | 8 | 8,5 | 7 |
| 9 | 50,4 | 49,8 | 20,4 | 25,7 | 21,7 | 9,2 | 9 | 9 | 10,2 | 9 | 10,2 | 6 |
| 10 | 50,3 | 49,8 | 20,1 | 25,6 | 22 | 7 | 7 | 7,5 | 8,5 | 8 | 8,7 | 7 |
| 11 | 50,3 | 49,7 | 20,3 | 25,4 | 21,6 | 9,2 | 9 | 9 | 10 | 9 | 8,5 | 9 |
| 12 | 50,2 | 49,7 | 20,2 | 25,5 | 21,6 | 9,5 | 9 | 10 | 10 | 9 | 10 | 5 |
| 13 | 50 | 49,6 | 20,5 | 25,6 | 22 | 8,5 | 8,5 | 9 | 8,5 | 9 | 9 | 7 |
| 14 | 50,4 | 49,7 | 20,2 | 25,5 | 21,7 | 9 | 10 | 9 | 9 | 9 | 10 | 9 |
| 15 | 50,4 | 49,8 | 20,3 | 25,4 | 21,8 | 9 | 10 | 9 | 10 | 9 | 9 | 8 |
| 16 | 50,2 | 50 | 20,3 | 25,5 | 21,5 | 8 | 9 | 8 | 9 | 8 | 8 | 9 |

Capítulo 4. Comportamiento de la Teja de Microconcreto en el norte de Villa Clara.



| | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|------|---|----|---|
| 17 | 50,3 | 50,4 | 20,4 | 25,7 | 21,6 | 7 | 7 | 8 | 7,5 | 8 | 7 | 7 |
| 18 | 50,3 | 49,7 | 20,3 | 25,5 | 21,5 | 8,7 | 9,5 | 8 | 9,3 | 8 | 9 | 7 |
| 19 | 50,2 | 49,6 | 20,6 | 25,6 | 21,7 | 10 | 11 | 11 | 10,5 | 9 | 10 | 7 |
| Promedio | 50,2 | 49,7 | 20,3 | 25,5 | 21,7 | 8,2 | 8,7 | 8,4 | 9 | 8 | 9 | 7 |

El espesor promedio obtenido en este lote es de 8.42 mm aproximadamente, por lo que, las tejas que conforman esta muestra son consideradas de 8 mm.

Las tejas de este lote cumplen con la longitud y el espesor, pero no cumplen con el espesor en el centro de la misma debido a que es muy variable.

Tabla 4.6. Resultados del Ensayo de Peso.

| No | Peso Seco(Kg) | Peso Saturado(Kg) | % de Absorción | Observación |
|----|---------------|-------------------|----------------|-------------|
| 1 | 2,158 | 2,343 | 8,57 | No cumple |
| 2 | 2,32 | 2,475 | 6,68 | Sí cumple |
| 3 | 2,007 | 2,149 | 7,08 | Sí cumple |
| 4 | 2,057 | 2,215 | 7,68 | Sí cumple |
| 5 | 2,155 | 2,304 | 6,91 | Sí cumple |
| 6 | 2,378 | 2,535 | 6,60 | Sí cumple |
| 7 | 2,4 | 2,562 | 6,75 | Sí cumple |
| 8 | 2,246 | 2,411 | 7,35 | Sí cumple |
| 9 | 2,063 | 2,217 | 7,46 | Sí cumple |
| 10 | 2,1 | 2,249 | 7,10 | Sí cumple |
| 11 | 2,275 | 2,428 | 6,73 | Sí cumple |
| 12 | 2,15 | 2,292 | 6,60 | Sí cumple |
| 13 | 2,005 | 2,19 | 9,23 | No cumple |
| 14 | 2,475 | 2,63 | 6,26 | Sí cumple |
| 15 | 2,325 | 2,483 | 6,80 | Sí cumple |
| 16 | 2,246 | 2,407 | 7,17 | Sí cumple |



| | | | | |
|-----------------|-------|-------|------|-----------|
| 17 | 2,022 | 2,168 | 7,22 | Sí cumple |
| 18 | 2,23 | 2,38 | 6,73 | Sí cumple |
| 19 | 2,249 | 2,395 | 6,49 | Sí cumple |
| Promedio | 2,20 | 2,35 | 7,13 | |

4.2.2. Taller de Ecomateriales de Quemado de Güines.

Se le realizó los ensayos de Dimensión y Forma, Peso, Permeabilidad y Flexión a dos lotes diferentes de tejas, auxiliándose del croquis de la teja presentado anteriormente. Los resultados de lo mismos se exponen a continuación en las siguientes tablas.

Tabla 4.7. Resultados del Ensayo de Dimensión y Forma.

| No | Longitud (cm) | | Ancho(cm) | | | Espesor(mm) | | | | | | |
|-----------|---------------|------|-----------|-------|-------|-------------|----|----|----|----|----|----|
| | A-C | B-D | 1 a 2 | 3 a 4 | 5 a 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 50 | 50 | 20,5 | 25,5 | 22,2 | 10 | 10 | 9 | 9 | 11 | 10 | 9 |
| 2 | 50 | 50 | 20,5 | 25,7 | 22,2 | 11 | 9 | 9 | 9 | 10 | 9 | 10 |
| 3 | 49,8 | 50 | 20,5 | 25,5 | 22 | 10 | 11 | 11 | 10 | 11 | 10 | 8 |
| 4 | 49,8 | 50 | 20,3 | 25,6 | 22 | 11 | 9 | 11 | 9 | 10 | 9 | 10 |
| 5 | 49,8 | 50 | 20,4 | 25,5 | 21,7 | 9 | 9 | 9 | 9 | 10 | 9 | 9 |
| 6 | 49,7 | 50 | 20,3 | 25,6 | 21,8 | 9 | 9 | 9 | 9 | 11 | 8 | 9 |
| 7 | 49,9 | 50 | 20,4 | 25,7 | 22 | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 | 11 | 9 |
| 8 | 49,6 | 50 | 20,5 | 25,5 | 21,7 | 9 | 9 | 9 | 9 | 10 | 9 | 9 |
| 9 | 50 | 50,4 | 20,6 | 25,5 | 21,7 | 10 | 11 | 9 | 9 | 9 | 8 | 10 |
| 10 | 50 | 50 | 20,5 | 25,5 | 22 | 11 | 9 | 11 | 9 | 11 | 9 | 9 |
| 11 | 49,8 | 50 | 20,5 | 25,3 | 21,5 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 12 | 50 | 50,5 | 20,1 | 25,7 | 22 | 10 | 10 | 10 | 9 | 9 | 9 | 10 |
| 13 | 50 | 50,5 | 20,3 | 25,5 | 21,5 | 9 | 11 | 9 | 9 | 10 | 9 | 9 |
| 14 | 50 | 50 | 20,5 | 25,5 | 21,5 | 9 | 9 | 9 | 8 | 9 | 8 | 8 |

Capítulo 4. Comportamiento de la Teja de Microconcreto en el norte de Villa Clara.



| | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|------|------|------|-------|-------|---|-----|---|-----|-----|-----|----|
| 15 | 49,9 | 50 | 20,4 | 25,8 | 21,6 | 9 | 9 | 9 | 8 | 9 | 8 | 9 |
| 16 | 50 | 50 | 20,5 | 25,6 | 21,8 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 8 | 9 |
| 17 | 50,3 | 50,2 | 20,2 | 25,5 | 21,2 | 8 | 9 | 8 | 9 | 9 | 9 | 8 |
| 18 | 50 | 50,2 | 20,2 | 25,5 | 21,5 | 9 | 9 | 9 | 8 | 9 | 9 | 10 |
| Promedio | 49,9 | 50,1 | 20,4 | 25,55 | 21,77 | 9 | 9,0 | 9 | 8,7 | 9,5 | 8,7 | 9 |

En este lote se obtiene como espesor promedio 9.02 mm por lo que es considerada una teja de 10 mm de grosor y teniendo en cuenta la tolerancias permitidas para este tipo de teja se llega a la conclusión de que el producto ensayado cumple con lo estipulado por norma en cuanto a longitud y ancho de la teja. El espesor del centro de la teja no es muy variable, lo cual es bastante aceptable.

Tabla 4.8. Resultados del Ensayo de Peso.

| No | Peso Seco(Kg) | Peso Saturado(Kg) | % de Absorción | Observación |
|-----------|----------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------|
| 1 | 2,68 | 2,823 | 5,34 | Sí cumple |
| 2 | 2,627 | 2,79 | 6,20 | Sí cumple |
| 3 | 2,67 | 2,853 | 6,85 | Sí cumple |
| 4 | 2,723 | 2,877 | 5,66 | Sí cumple |
| 5 | 2,592 | 2,736 | 5,56 | Sí cumple |
| 6 | 2,565 | 2,73 | 6,43 | Sí cumple |
| 7 | 2,687 | 2,837 | 5,58 | Sí cumple |
| 8 | 2,525 | 2,619 | 3,72 | Sí cumple |
| 9 | 2,698 | 2,85 | 5,63 | Sí cumple |
| 10 | 2,745 | 2,9 | 5,64 | Sí cumple |
| 11 | 2,45 | 2,595 | 5,92 | Sí cumple |
| 12 | 2,691 | 2,85 | 5,91 | Sí cumple |
| 13 | 2,738 | 2,923 | 6,76 | Sí cumple |
| 14 | 2,674 | 2,817 | 5,35 | Sí cumple |

| | | | | |
|-----------------|-------|-------|------|-----------|
| 15 | 2,501 | 2,637 | 5,44 | Sí cumple |
| 16 | 2,395 | 2,527 | 5,51 | Sí cumple |
| 17 | 2,613 | 2,753 | 5,36 | Sí cumple |
| 18 | 2,573 | 2,713 | 5,44 | Sí cumple |
| Promedio | 2,61 | 2,76 | 5,68 | |

4.2.3. Taller de Ecomateriales de Sagua. Ensayo de Flexión.

Posteriormente de haberse realizado estos ensayos se prepararon todas las tejas y fueron montadas para realizar el Ensayo de Permeabilidad, se usó plastilina para evitar que el agua se derrame por la teja, a continuación se muestra un croquis del experimento:



Figura 4.2. Ensayo de Permeabilidad.

Como resultado se obtuvo que el 100% de las tejas ensayadas no presentara partes humedecidas por la cara inferior de las mismas, incluso se dejaron hasta 72 horas montadas y se obtuvo el mismo resultado.

A continuación se volvieron a sumergir las tejas en la tina de agua y se mantuvieron ahí por 24 horas para, luego de transcurrido este tiempo, extraerlas del agua y realizar el Ensayo de Flexión. Para que las tejas sean aceptadas deben de romperse con pesos mayores que:

Capítulo 4. Comportamiento de la Teja de Microconcreto en el norte de Villa Clara.



Para tejas de 8 mm: 42 Kg.

Para tejas de 10 mm: 56 Kg.

Tabla 4.9. Resultados del Ensayo de Flexión del lote #1.

| Teja | Carga |
|------|-------|
| 1 | 113 |
| 2 | 107 |
| 3 | 104 |
| 4 | 117 |
| 5 | 116 |
| 6 | 102 |
| 7 | 103 |
| 8 | 112 |
| 9 | 117 |
| 10 | 113 |
| 11 | 87 |
| 12 | 102 |
| 13 | 105 |
| 14 | 110 |
| 15 | 100 |
| 16 | 95 |
| 17 | 110 |
| 18 | 115 |

El 100% de las tejas soportó una carga superior a lo estipulado por norma por lo que resultado obtenido es bueno.

Lote #2

Tabla 4.10. Resultados del Ensayo de Flexión del Lote #2

| Tejas | Carga |
|-------|-------|
| 1 | 60 |
| 2 | 85 |
| 3 | 60 |
| 4 | 60 |
| 5 | 55 |
| 6 | 80 |
| 7 | 80 |
| 8 | 75 |
| 9 | 50 |
| 10 | 48 |
| 11 | 70 |
| 12 | 40 |
| 13 | 65 |
| 14 | 85 |
| 15 | 80 |
| 16 | 90 |

| | |
|----------|------------|
| 17 | 60 |
| 18 | 80 |
| 19 | 65 |
| Σ | 1288 |
| Promedio | 67.7894737 |

4.2.4. Taller de Quemado de Güines. Ensayo de Flexión

Tabla 4.11. Resultados del Ensayo de Flexión.

| Teja | Carga |
|----------|-------|
| 1 | 95 |
| 2 | 109 |
| 3 | 112 |
| 4 | 111 |
| 5 | 104 |
| 6 | 98 |
| 7 | 116 |
| 8 | 100 |
| 9 | 102 |
| 10 | 83 |
| 11 | 117 |
| 12 | 114 |
| 13 | 97 |
| Σ | 1358 |



Figura 4.3. Ensayo de Flexión.

4.3. Evaluación de la arena lavada para la producción de TMC.



Se realizaron tres ensayos a una muestra de arena proveniente del Taller de Ecomateriales de Sagua la Grande. Se tomó 1500 gramos de la muestra y se realizó tres veces el ensayo, cada uno con 500 gramos del material. Los resultados obtenidos fueron similares a los arrojados por la ENIA y la arena es evaluada de buena. En la 4.1 se refleja la curva granulométrica obtenida de los ensayos realizados en ambos lugares.

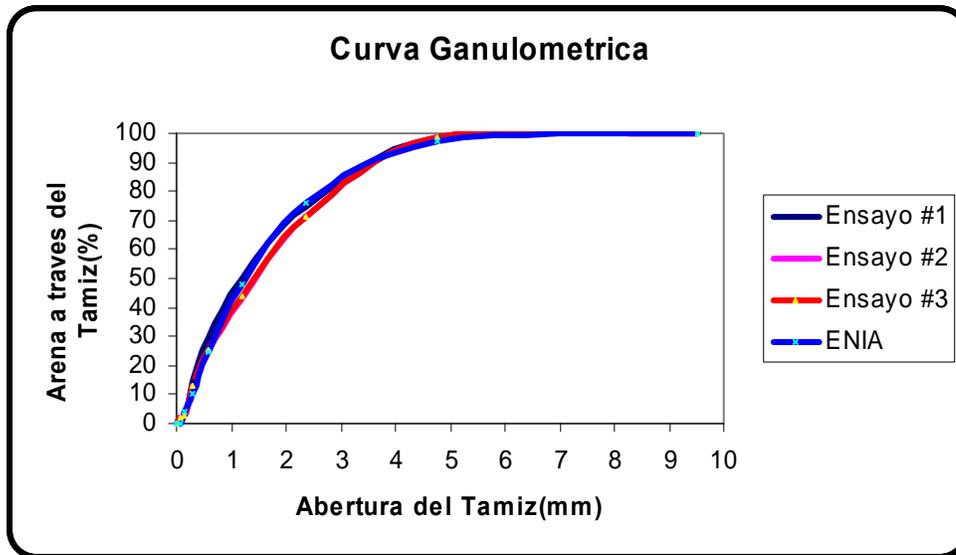


Gráfico 4.1. Curva Granulométrica.

4.4. Análisis de los costos de la cubierta de TMC en comparación a otras soluciones implementadas en la fabricación y reparación de cubiertas en viviendas de los municipios evaluados.

En los municipios de Sagua la Grande y Quemado de Guines se está implementado en la actualidad, como solución de cubierta para obras nuevas o en reparación el Zinc Galvanizado, las planchas metálicas de zinc importadas desde la República Bolivariana de Venezuela, las planchas de fibrocemento y la Teja de Microconcreto. En la tabla 4.12 se exponen el costo y el precio de venta de cada uno de las soluciones antes mencionadas.

Tabla 4.12. Costo y precio de venta de soluciones de cubierta implementadas en Sagua la Grande y Quemado de Guines.



| Solución de Cubierta | UM | Costo | Precio de venta |
|-----------------------------|----|-------|-----------------|
| Planchas de Zinc venezolano | u | 24.54 | 30.90 |
| Planchas de fibrocemento | u | 8.35 | 10.90 |
| TMC | u | 0.41 | 0.50 |

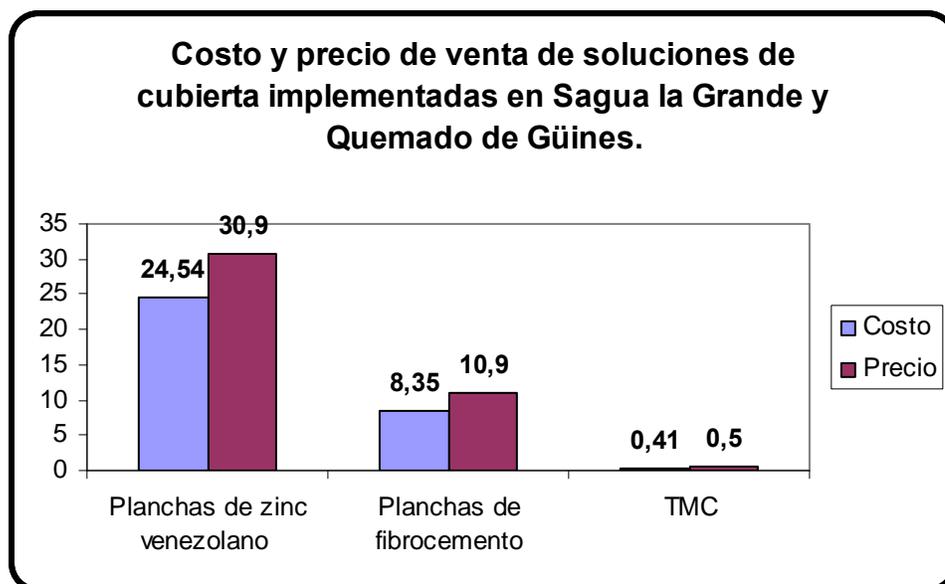


Gráfico 4.2. Comparación entre las diferentes soluciones de cubierta implementadas en los municipios de Sagua la Grande y Quemado de Güines.

Es evidente que la TMC es la solución más factible económicamente de las citadas en la gráfica 3.1. Una plancha de fibrocemento cubre aproximadamente 1.50 m² de área, por lo que para techar una vivienda típica de 70 m² de cubierta se necesitarían 47 planchas de fibrocemento, lo cual equivale a 392.45 pesos de costo de producción, mientras que la esa misma vivienda se techaría con aproximadamente 840 tejas lo cual tiene un costo de producción de 344.40 pesos. Por tanto, teniendo en cuenta su bajo costo de producción y su fabricación a escala local, la TMC constituye la solución ideal a implementar en cualquier lugar.

4.5. Conclusiones Parciales.



1. Tanto el Taller de Ecomateriales de Sagua como el de Quemado de Güines cuentan con un buen equipamiento para la producción de TMC.
2. En el taller de Sagua la Grande existe un déficit de mano de obra calificada, lo cual no ocurre en el taller de Quemado de Güines.
3. El primer lote de tejas ensayada del taller de Sagua arrojó los siguientes resultados:
 - Cumple con las tolerancias permitidas en cuanto a longitud y ancho de la teja.
 - El espesor en el centro de la teja es muy variable, lo cual no es aceptado.
 - Todas las tejas del lote cumplen con el % de absorción permitido.
 - Las tejas de este lote resistieron una carga promedio de 107 Kg, superando en gran medida el peso estimado por norma.
4. Del segundo lote se obtuvo que:
 - Cumple con las tolerancias estipuladas por norma en cuanto a longitud y ancho de la teja.
 - El espesor en el centro de las tejas es muy variable.
 - De este lote solamente hay dos tejas que no cumplen con el % de absorción establecido.
 - Las tejas resistieron una carga promedio de 68 Kg aproximadamente, lo cual supera a la carga estipulada por norma.
5. Del lote del taller de Quemado de Güines agenció el siguiente resultado de los ensayos realizados:
 - Todas las tejas cumplen con las tolerancias estipuladas por norma.
 - El espesor en el centro de las tejas es más constante que en los demás lotes.
 - Todas las tejas cumplen con el % de absorción establecido por norma.
 - Las tejas resistieron una carga promedio de 104 Kg, superando en gran medida lo estimado por norma.
6. El Ensayo de Permeabilidad arrojó que ninguna de las tejas ensayadas de los tres lotes presentó partes húmedas por la parte inferior de las mismas.
7. La TMC es más factible económicamente las planchas de zinc galvanizado, las planchas de zinc galvanizado y las planchas de fibrocemento.
8. La arena ensayada es evaluada de buena.



Conclusiones generales.

- ✓ En Cuba se emplean Ecomateriales en veinte municipios del país, y se espera que para el 2010 se materialice una producción estable y de calidad en cada taller y municipio.
- ✓ La encuesta arrojó como resultado que existen diferencias marcadas de criterios en la aceptación por la población de la TMC, que pueden estar acordes a cada localidad, desempeño del taller, mayor o menor calidad y rigor de fabricación de la teja y su posterior colocación,
- ✓ El costo de producción de la TMC es de 0.41 pesos y es vendida a la población a un precio de 0.50 pesos, lo cual genera una ganancia de 0.09 pesos por teja producida.
- ✓ No existe una clara política en mejorar las condiciones de abastecimiento de áridos finos para lograr producciones de la teja con calidad, dando lugar a la baja eficiencia productiva del taller, lo cual explica la decreciente producción de TMC que han venido experimentando los talleres de Sagua la Grande y Quemado de Güines.
- ✓ En los municipios estudiados los dirigentes y personal de la UMIV, así como directores de los talleres de ecomateriales se inclinan por las láminas metálicas de zinc como solución de techo más ideal a implementar a nivel territorial.
- ✓ La cubierta de Hormigón Pretensado, como soporte para la TMC, resulta ser 1.5 veces menos costosa que la cubierta de madera.
- ✓ Los diferentes ensayos realizados a los lotes de tejas, provenientes de los talleres de Sagua y Quemado de Güines, arrojaron resultados satisfactorios, cumpliendo con lo que está estipulado para la TMC.
- ✓ El resultado obtenido del Ensayo Granulométrico es similar al obtenido por la ENIA.
- ✓ La TMC es más factible económicamente que las planchas de zinc galvanizado, las planchas de zinc venezolano y las planchas de fibrocemento.



Recomendaciones:

- ✓ Gestionar un mayor abastecimiento de arena artificial a los talleres de Sagua y Quemado de Güines, resolviendo de esta manera uno de los problemas que atentan contra la producción de TMC en los talleres.
- ✓ Tramitar la obtención de más moldes para TMC en el taller de Quemado de Güines debido a que es uno de los principales inconvenientes para el aumento de la productividad diaria del taller.
- ✓ Eliminar las deficiencias existentes en el taller de Sagua la Grande para poder obtener un producto terminado de mejor calidad.
- ✓ Gestionar el aumento de la mano de obra calificada encargada de producir TMC en el taller de Sagua la Grande.
- ✓ Mejorar las condiciones de trabajo existentes en el área de fabricación de la teja de microconcreto en el taller de Quemado de Güines, con el fin de obtener un producto de mejor calidad.
- ✓ Mejorar el criterio de las personas de los municipios estudiados respecto a la TMC, solo lográndose con la obtención de una teja de buena calidad capaz de ganar prestigio en la población y así implementarse como solución de cubierta a nivel de país.
- ✓ Lograr que los dirigentes de gobierno de los municipios estudiados apoyen más el desarrollo e implementación de la TMC a nivel de territorio.



Referencias Bibliográficas.

1. Alfredo Cilento, S. H. H., Alejandro López Arocha. (1997) Programa experimental de gestión habitacional local. Revista Tecnología y Construcción, 13-1, 9-19.
2. Arocha, I. W. d. I. R. (2000)¹. “Evaluación Técnica de las Soluciones de Cubierta empleadas en Cuba”. Anexo 1
3. Arocha, I. W. d. I. R. (2000)². “Evaluación Técnica de las Soluciones de Cubierta empleadas en Cuba”. Anexo 3
4. Bancroft Hernández, R. Desarrollo habitacional y sostenibilidad: Breve análisis histórico R. Bancroft Hernández. _ TEV; 1995._ 5p.
5. Colt, J. A. (1993). Tecnología de Cubiertas Ligeras Manual de Uso”. CECAT, La Habana, Cuba. Pág. 36.
6. EcoSur (2003). “En pleno funcionamiento el primer Taller de Ecomateriales de Panamá” EcoSur e-magazine.
7. EcoSur (2003)². “Estrategia creativa para comercializar TMC en Ecuador” EcoSur e-magazine.
8. EcoSur “Huracán Gilbert 1989 – Jamaica” EcoSur e-magazine.
9. EcoSur “Huracán Mitch 1998 – Nicaragua” EcoSur e-magazine.
10. EcoSur “Huracanes: la experiencia cubana” EcoSur e-magazine.
11. EcoSur “Moldes para producir Tejas de Microconcreto” EcoSur e-magazine.
12. EcoSur (2003)³. “Noticias – Julio 2003” EcoSur e-magazine.
13. EcoSur (2005). “Primera fábrica de tejas en Aruba” EcoSur e-magazine.
14. EcoSur (2006). “Techos resistentes a los huracanes: Caso Isabela de Sagua” EcoSur e-magazine.
15. EcoSur (2003)¹. “Tres concentraciones de TMC en Ghana”. EcoSur e-magazine.
16. EcoSur (2005). “Tres décadas de prevención de desastres” EcoSur e-magazine.



17. EcoSur (2006). “Unificando criterios en la producción de TMC” EcoSur e-magazine.
18. Hans – Erik, P. G. y J. A. (2002). “Manual para el control de calidad de Tejas de Microconcreto”. Pág. 3.
19. Hans – Erik, P. G. y J. A. (2002). “Manual para el control de calidad de Tejas de Microconcreto”. Págs. 25-43.
20. Martín Meléndez, O. E., Kurt Rhyner, Marcelo Noboa. (2004). “Un techo que cubre al mundo: la Teja de Microconcreto”. Pág. 7.
21. Martín Meléndez, O. E., Kurt Rhyner, Marcelo Noboa. (2004). “Un techo que cubre al mundo: la Teja de Microconcreto”. Pág. 23.
22. Martín Meléndez, O. E., Kurt Rhyner, Marcelo Noboa. (2004). “Un techo que cubre al mundo: la Teja de Microconcreto”. Pág. 27.
23. Martín Meléndez, O. E., Kurt Rhyner, Marcelo Noboa. (2004). “Un techo que cubre al mundo: la Teja de Microconcreto”. Pág. 93.
24. Martínez, V. (2003). “Tejas de Microconcreto en viviendas post-Mitch en Honduras”. EcoSur e-magazine.
25. Martirena, D. I. F. (2002). “Materiales de construcción – una estrategia para el alivio de desastres”. EcoSur e-magazine.
26. Naredo, José Manuel (2002): “Sobre el origen, el uso y el contenido del término sostenido”, Primer catálogo español de buenas prácticas, Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid, versión en Ciudades para un futuro más sostenible, Documentos, La construcción de la ciudad sostenible, disponible en Internet: <http://habitat.aq.upm.es/cs/p2/a004.html>
27. Pozak, K. (2004). “De plantas pilotos a zonas de mercado.” EcoSur e-magazine.
28. Rhyner, K. “Ecomateriales en Bolivia” EcoSur e-magazine.
29. Rhyner, K. (2006). “Planes de viviendas en Venezuela” EcoSur e-magazine.
30. Ruiz, N. (2003). “TMC de alta calidad en Bangladesh – la fuerza de la constancia” EcoSur e-magazine.



Anexo 1.

Encuesta realizada a las personas que tienen como solución de cubierta la Teja de Microconcreto en los municipios de Sagua la Grande y Quemado de Güines.

UCLV. CIDEM-Fac. Construcciones

Trabajo de Diploma: Comportamiento de la Teja de Micro concreto en municipios del norte de Villa Clara.

Investigación sobre la Teja de Micro concreto (TMC) en las localidades de Sagua la Grande, Isabela y Quemado de Güines.

I. Datos Generales

Nombre y Apellidos del usuario: _____.

Localidad: _____.

Dirección Particular: _____.

Área aproximada de Cubierta techada con Tejas de MC: _____ m².

Fecha aproximada de fabricada: mes _____ año _____.

II. Calidad de la teja de microconcreto o teja Tevi:

Tenga en cuenta colocación de la teja, roturas, grietas y costo

Buena ____ Regular ____ Mala ____.

III. Calidad del Techo en general:

Tenga en cuenta pandeos de viguetas, filtraciones, estética, costo y seguridad

Bueno ____ Regular ____ Malo ____.

IV. A continuación le solicitamos que colabore en la investigación, al responder un grupo de preguntas sobre su cubierta de tejas de microconcreto o Tevi teniendo en cuenta su real comportamiento.

Marque con una X la respuesta correcta.

1. ¿Siente usted confort y satisfacción con su techo en su vivienda?

Sí ____ No ____

2. ¿Considera usted que la cubierta de tejas de su vivienda es adecuada desde el punto de vista térmico y estético con respecto a otras?

Sí ____ No ____

3. ¿Cree usted que este tipo de cubierta con Tejas es una solución:

____ Segura (Evaluar vientos (No para Ciclones), lluvia y sol).

____ Económica.



____Duradero.

4. ¿Ha presentado algún problema con su cubierta o Techo y la realización de su posterior mantenimiento?

Sí____ No____

En caso positivo, menciónelos.

5. ¿Existe una adecuada fijación de las tejas permitiendo que los vientos alguna vez no hayan provocado serios daños?

Si____ No____

6. ¿Ha soportado su techo de tejas TEVI el paso de algún huracán?

Sí____ No____ Mencione los años en que sucedió.

7. ¿Ha tenido que realizar acciones importantes de mantenimiento en su cubierta, tanto en el caso de las viguetas y tejas?

Sí____ No____

8. ¿Considera usted la teja de microconcreto es una solución de techo satisfactoria y comfortable con relación a la teja de fibrocemento o las laminas metálicas de zinc galvanizado?

Sí____ No____ ¿Por qué?

9. ¿Algún criterio que quiera reflejar sobre su cubierta de tejas?

Muchas Gracias.



Anexo #2

Encuesta aplicada a dirigentes y personal que labora en entidades como la UMIIV, vivienda, talleres locales de los municipios de Sagua la Grande y Quemado de Güines.

UCLV. CIDEM-Fac. Construcciones.

Trabajo de Diploma: Comportamiento de la Teja de Microconcreto en municipios del norte de Villa Clara.

Investigación sobre la Teja de Microconcreto (TMC) en las localidades de Sagua la Grande, Isabela de Sagua y Quemado de Güines.

I. Datos generales.

Nombre y Apellidos del entrevistado: _____.

Localidad: _____.

Dirección Particular: _____.

- II. Le solicitamos que colabore en la presente investigación, respondiendo un grupo de preguntas sobre las tejas de microconcreto o también llamadas Tevi, teniendo en cuenta su comportamiento en el tiempo.

Marque con una X la respuesta correcta.

1. De las soluciones de techo enumeradas ¿Cuál UD. seleccionaría como la más adecuada para techar su vivienda?:
 Planchas de Fibrocemento.
 Láminas de Zinc.
 TMC.
2. ¿Cree usted que la cubierta de Tejas de Microconcreto es una solución apropiada desde el punto de vista de:
 Seguridad (Evaluar vientos (no para ciclones), lluvia y sol).
 Economía.
 Durabilidad.
3. ¿Considera UD. que las láminas de zinc, hoy en día empleadas para la construcción de obras nuevas, pudiera eliminar el empleo de la TMC de incrementarse la producción de estas a nivel nacional?



Sí_____

No_____

4. A nivel de mercado la TMC ha motivado por su comportamiento físico-mecánico y nivel de estética, cree usted que dicha solución compite con las restantes soluciones de cubierta empleadas en el país.

Sí_____

No_____

¿Por qué?

5. ¿Esta solución de techos con TMC tiene buena aceptación en la población?

Sí_____

No_____

6. ¿Considera usted la teja de microconcreto una solución de techo confortable con relación a la teja de fibrocemento o las láminas metálicas de zinc galvanizado?

Sí_____

No_____

¿Por qué?

7. Algún criterio que quiera reflejar sobre la TMC.

Muchas Gracias.

Anexo #3

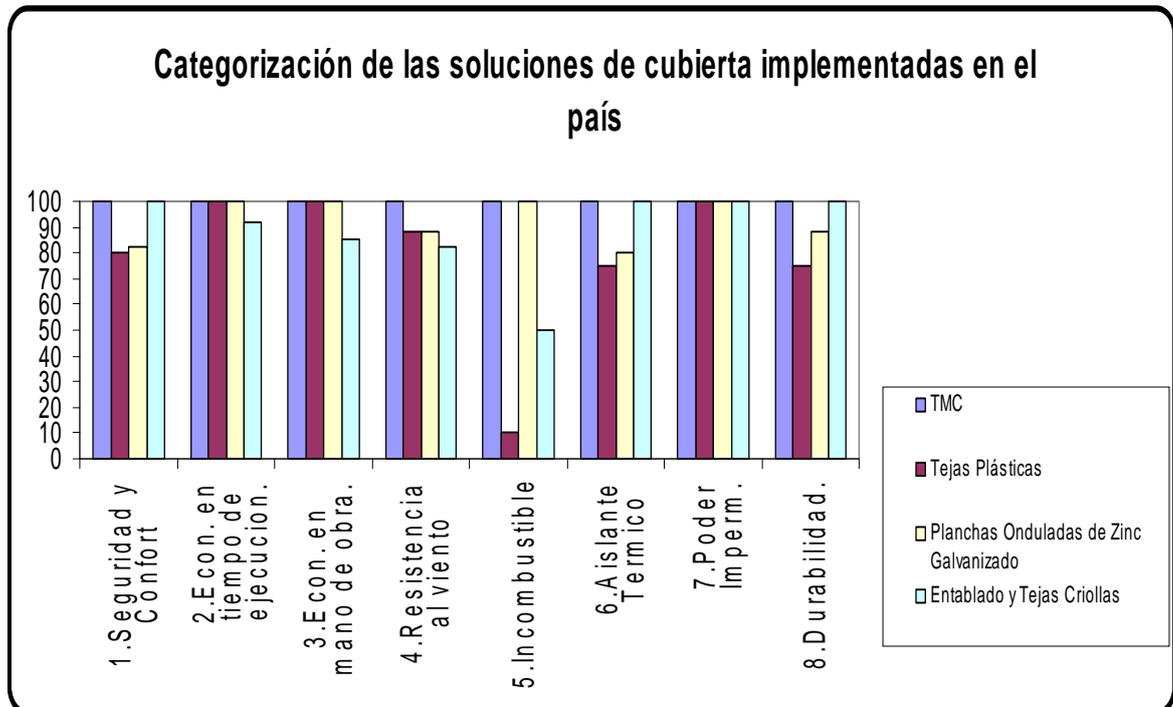


Gráfico 1.1. Comparaciones de la TMC con otras soluciones de cubierta ligera implementadas en Cuba.